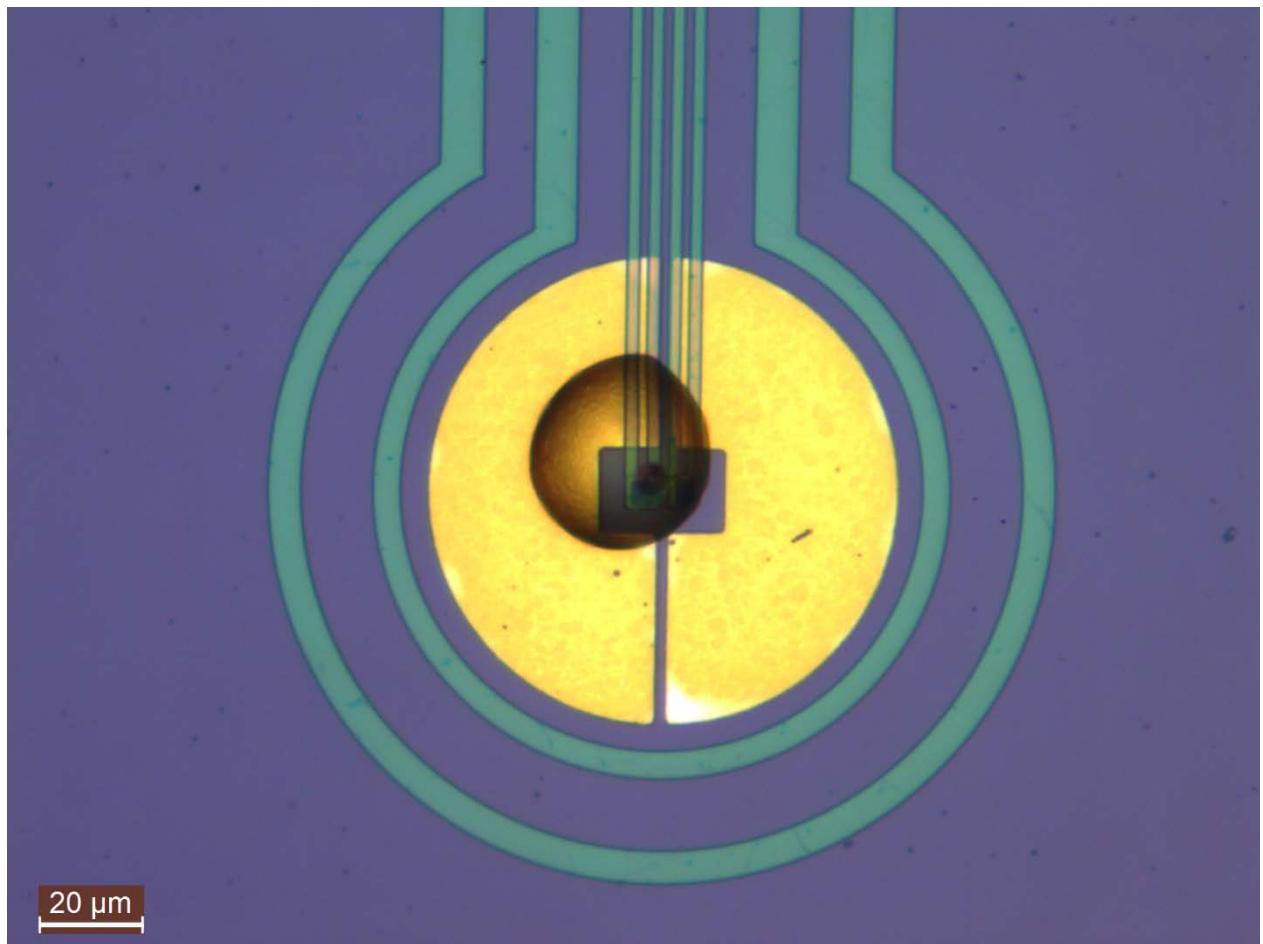


# DER SEGERKEGEL

*Mitteilungen aus dem Institut  
für Nichtmetallische Werkstoffe*



Mitteilungen aus dem

**Institut für Nichtmetallische Werkstoffe**

der Technischen Universität Clausthal

Heft 43

Dezember 2019

Institut für Nichtmetallische Werkstoffe  
Technische Universität Clausthal  
Zehntnerstraße 2a  
38678 Clausthal-Zellerfeld

Internet: <http://www.naw.tu-clausthal.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT .....</b>	<b>1</b>
<b>1      LEHRE.....</b>	<b>2</b>
1.1      WISSENSCHAFTLICHES PERSONAL MIT LEHRAUFGABEN .....	2
1.2      BACHELOR- UND MASTERSTUDIUM .....	2
1.2.1      Lehrveranstaltungen.....	2
1.2.2      Projektarbeiten und Forschungspraktika.....	4
1.2.3      Bachelorarbeiten.....	5
1.2.4      Masterarbeiten .....	9
1.2.5      Dissertationen .....	11
1.3      PROMOTIONSSTUDIUM .....	13
1.3.1      Promotionskolleg Materialien und Prozesse (MP-Kolleg) .....	13
1.4      EXKURSIONSBERICHTE.....	14
<b>2      FORSCHUNG .....</b>	<b>19</b>
2.1      MITARBEITER.....	19
2.2      FORSCHUNGSFELDER .....	19
2.3      FÖRDERUNG .....	20
2.3.1      Öffentlich geförderte Forschungsprojekte .....	20
2.3.2      Industrielle Forschungsprojekte.....	21
2.4      KONFERENZBEITRÄGE (VORTRAG UND POSTER) .....	22
2.5      VERÖFFENTLICHUNGEN .....	24
2.5.1      Artikel in referierten Fachzeitschriften .....	24
2.6      KURZDARSTELLUNG DES AiF-PROJEKTES 19858 BG ANORKOMP .....	26
2.7      ARBEITSTHEMA C <sub>3</sub> A .....	26
<b>3      NACHRICHTEN .....</b>	<b>28</b>
3.1      DREI NEUE GERÄTE FÜR LEHRE UND FORSCHUNG .....	28
3.1.1      Chipkalorimeter Flash DSC 2+ .....	28
3.1.2      Tieftemperaturkammer TTK 600 für das Röntgendiffraktometer.....	29
3.1.3      Spende des Deutschen Email Verbandes e.V. ermöglicht Geräte-Neuanschaffungen .....	29
3.2      WANDERTAG 2019.....	31
3.3      EMAILTECHNISCHE JAHRESTAGUNG IN WÜRZBURG VOM 01-03.04.2019 .....	32
3.4      25 <sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON GLASS (ICG 2019) IN BOSTON, USA.....	33
3.5      11 <sup>TH</sup> ICG SUMMER SCHOOL 2019 IN MONTPELLIER, FRANKREICH.....	33
3.6      DGG-DKG ARBEITSKREISES „GLASIG-KRISTALLINE MULTIFUNKTIONSWERKSTOFFE“ AM INW .....	34
3.7      BEIRAT.....	35
3.8      NACHRUF .....	36
3.8.1      Dr.-Ing. Peter Thormann .....	36
3.8.2      Katja Krieg, geb. Blumenthal.....	37
3.8.3      Dr. Martin Gerhard Schmidt.....	38
3.8.4      Anita Seitz Uhlig .....	38
<b>ADRESSEN EHEMALIGER .....</b>	<b>40</b>

## VORWORT

Liebe Ehemalige und Freunde des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe,

„wir haben da schon ein super Institut“, so denke ich mir immer, wenn ich von all den Tagungen, Kongressen, Ausschusssitzungen und Begutachtungsrunden in nah und fern nach Clausthal zurückkomme. Hochmodern ausgestattet, keine Grabenkämpfe, sondern eine wundervoll angenehme Atmosphäre, die von allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in mehrjährige und vertrauensvoller Zusammenarbeit gelebt wird. Also ein hochattraktiver Arbeitsplatz!

Jedoch wird es für mich immer schwerer, junge Forschende für unser Institut zugewinnen und sie von einer Zukunft für ihren nächsten Karriereschritt, wenn auch nur temporär für 3 bis 6 Jahre, in Clausthal zu überzeugen. Der auffällige Leerstand von Geschäften in der Stadt, die geringen beruflichen Aussichten für den Lebenspartner in der Region und die schlechte öffentliche Verkehrsanbindung mit dem Bus führt leider nach einem Bewerbungsgespräch zu einem bleibenden und oft entscheidenden negativen Eindruck. Hier müssen das Präsidium der TU, das Clausthaler Rathaus und die Vertreter des Landkreises Goslar große Anstrengungen unternehmen, um die Kluft zwischen den großen Städten und dem ländlichen Raum nicht noch größer werden zu lassen und konkret unserem Institut, welches auf die Mitarbeit von Studierenden, Promovierenden und Postgraduierten angewiesen ist, langfristig eine Perspektive zu geben.

Deshalb liegt uns der Kontakt zu Ihnen besonders am Herzen. Wir brauchen Sie heute und auch zukünftig als Botschafter unseres Instituts. Tragen Sie das positive Bild unseres Instituts und unserer Region in alle Welt!

Ihnen allen eine frohe Weihnachtszeit und einen guten Start in das neue Jahr 2019.  
Glückauf!

Ihr



Joachim Deubener  
Geschäftsführender Institutsdirektor

Auch dem 43. Segerkegel haben wir einen Überweisungsträger beigelegt. Das Ausstellen einer Spendenquittung ist eine unserer leichtesten Übungen!

Spendenkonto:  
Geldinstitut: Sparkasse Hildesheim-Goslar-Peine  
BIC: NOLADE21HIK  
IBAN: DE85 2595 0130 0000 0004 22

# 1 LEHRE

## 1.1 Wissenschaftliches Personal mit Lehraufgaben

Ordentliche Professoren	J. Deubener / A. Wolter
Professoren (Apl., Sonder.)	J. Günster / V. Rupertus / M. Schmücker
Entpflichtete Professoren	J.G. Heinrich / H.J. Barklage-Hilgefort / W. Beier
Honorarprofessoren	M. Schneider
Lehrbeauftragte	J. Wendel / N. Wruk / T. Tonnesen / S. Blöß
Wiss. Mitarbeiter (Landesstellen)	O. Bauer / D. Di Genova / H. Bornhöft / G. Hensch / J. Thiess (bis Januar 2019), F. Elsner

## 1.2 Bachelor- und Masterstudium

### 1.2.1 Lehrveranstaltungen

Das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe ist mit seinem Studienangebot in die Bachelor- und Masterstudiengänge „Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ der Technischen Universität Clausthal eingebunden. Im Wintersemester 18/19 bzw. Sommersemester 19 wurden folgende Lehrveranstaltungen angeboten:

#### *Pflichtbereich:*

Materialwissenschaft I	Vorlesung / Übung	Deubener
Werkstofftechnik II	Vorlesung	Wolter
Werkstoff- u. Materialanalytik II	Vorlesung / Übung	Rupertus
Werkstofftechnik	Praktikum	Deubener / Wolter / Steuernagel / und Mitarbeiter

#### *Wahlpflichtbereich:*

Baustofflehre	Vorlesung / Übung	Wolter / Thiess
Branchenstrukturen	Seminar	Wolter
Feuerfeste Materialien	Vorlesung	Tonnesen
Gläser in Energie- und Umwelttechnik	Vorlesung	Deubener
Grundlagen Bindemittel + Baust.	Vorlesung	Wolter
Grundlagen Bindemittel II	Vorlesung / Exkursion	Wolter / Schneider
Grundlagen Glas	Vorlesung	Deubener
Innov. Nichtm. Wkst. + Bauw.	Vorlesung / Übung	Bornhöft / Ziegmann
Kristallographie für Ingenieure	Vorlesung / Übung	Schmücker
Industriemineralien	Vorlesung	Blöß
Prüfverfahren Bindemittel	Seminar / Praktikum	Bauer / Thiess
Prüfverfahren Glas	Seminar / Praktikum	Bornhöft / Hensch

Recycling von Glas	Vorlesung	Bornhöft
Nichtkristalline Werkstoffe	Vorlesung	Deubener
Glaskeramik	Vorlesung	Deubener
Emails und Glasuren	Vorlesung	Wendel
Seminar Einführung Glas	Seminar	Deubener
Technologie Baustoffe	Vorlesung / Exkursion	Wolter
Technologie Bindemittel	Vorlesung / Exkursion	Wolter
Technologie Glas	Vorlesung / Exkursion	Deubener
Veredlung von Flachglas	Vorlesung	Wruk
Methoden der Mikroskopie	Vorlesung	Thieme

*Wahlpflichtbereich (Hochschule Weserbergland):*

#### Glastechnik I

Spez. Werkstoffkunde u. -analyse	Vorlesung	Deubener
Spez. Werkstoffkunde u. -analyse	Praktikum	Bornhöft / Hensch

Unser besonderer Dank gilt allen auswärtigen Kollegen, die mit ihren Lehrveranstaltungen zu einer Bereicherung des Lehrangebotes beigetragen haben. Der Dank richtet sich natürlich auch an diejenigen Kollegen, deren Veranstaltung aufgrund einer zu geringen Teilnehmerzahl in diesem Jahr nicht zustande gekommen ist. In Zukunft bereichert im Wahlpflichtbereich ein neues Modul „Industrieminerale und Schlackennutzung“ (1+1 SWS) unser Curriculum. Die zugehörigen Dozenten sind Dr. Stephan Blöß (Seesen) und Dr. Andreas Ehrenberg (Rheinhausen).



*Neues Periodensystem im Hörsaal des INW (Eigenbau der Werkstatt)*

### **1.2.2 Projektarbeiten und Forschungspraktika**

**Annika Blum**

**Neue Analysemethode zur Untersuchung des Tricalciumaluminat-Gehaltes**

Forschungspraktikum

Betreuer: Unseld

Gutachter: Wolter

**Amelie Düe**

**Photokatalytische Aktivität von Titandioxid – sind dünne Schichten noch aktiv?**

Projektarbeit

Betreuer: Helsch

Gutachter: Deubener

**Harla Farghaly**

**Cobalt nonoparticles in borosilicate glass – Effect of reduction time on crystallographic structure and crystal size**

Forschungspraktikum

Betreuer: Briesse

Gutachter: Deubener

**Mirjam Gutbrod**

**Herstellung von  $P_xAl_xSi_{1-2x}O_2$  Mischkristallen in dünnen Schichten**

Forschungspraktikum

Betreuer: Helsch

Gutachter: Deubener

**Leonie Lorenz**

**Bestimmung des bruchmechanischen Parameters  $K_I$  mittels Double-Cleavage-Drilled Compression (DCDC)**

**Forschungspraktikum**

Betreuer: Kiefer

Gutachter: Deubener

**Martin Maiwald**

**Risswachstum in Kalk-Natron-Silicatgläsern mit strukturell gebundenem Wasser unter trockener und feuchter Atmosphäre**

Forschungspraktikum

Betreuer: Kiefer

Gutachter: Deubener

**Benedikt Pillach**

**Gesetzliche Rahmenbedingungen für die Nutzung von Abwärmequellen in Deutschland**

Projektarbeit

Betreuer: Uhlenbrock

Gutachter: Wolter

**Darleen Jana Rau**  
**Viscosity of nanofluids**  
Projektarbeit  
Betreuer: Di Genova  
Gutachter: Deubener

### **1.2.3 Bachelorarbeiten**

**Johannes Berger**  
**Entwicklung und Validierung einer neuen Versuchsroutine für den Zeiseltester**  
Betreuer: Uhlenbrock  
Gutachter: Wolter, D. Goldmann (IFAD, TU Clausthal)

In dieser Arbeit wird anhand zweier Messserien der Versuch unternommen, die bereits vorhandenen Daten zu validieren und durch genauere Untersuchung der Abläufe, die Schwächen des Systems zu identifizieren. Im direkten Vergleich mit einem ähnlich aufgebauten Messgerät des Vereins Deutscher Zementwerke, zeigt sich ein großer Unterschied in der Streuweite der Messkurven. Auch ordnen sich die in dieser Arbeit erzeugten Messwerte anders ein als die ausgewerteten Vorversuche. Als Probematerial wird die unterschiedliche Mahlbarkeit von Quarz und Klinker anhand ihrer mineralischen Eigenschaften und der, während der Messungen aufgezeichneten Drehmomentverläufe, untersucht. Dabei werden aufschlussreiche Zusammenhänge zwischen dem Zustand innerhalb der Mahlkammer und dem Drehmoment sichtbar gemacht. Einerseits zeigt sich die Verpelzung der Mahlkugeln in der Amplitude des Drehmoments und andererseits lässt sich die Ausbildung eines Mahlbetts anhand eines Initialsprungs beim Starten der Messung beobachten. Zusätzlich wird eine Betrachtung der spezifischen Oberfläche sowohl über die Luftdurchströmungsmethode nach Blaine als auch über einen händischen Berechnungsansatz aus der Korngrößenverteilung durchgeführt. Hierbei zeigt sich, dass das Blaine-Verfahren stark von äußeren Einflüssen abhängt und nicht immer in der Lage ist, korrekte Vergleiche zu liefern, wenn nicht alle Ausgangsparameter nachprüfbar und vergleichbar sind. Eine Fehlerbetrachtung stellt nicht nur die systematischen Fehler, wie beispielsweise die sehr hohe Dämpfung des Systems heraus. Auch andere Unregelmäßigkeiten, wie die Laufzeit der Messung werden als Einfluss auf die Ergebnisse identifiziert.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Hendrik Christoph Flor**  
**Ausscheidung von Co-Phasen in Silicatgläsern durch Wasserstoffgasbehandlung**  
Betreuer: Briesse  
Gutachter: Deubener / Wolter

Es konnten fcc- und sc-Kobaltkristallite in Glas erzeugt werden. Die Ausprägungen dieser Kristallite sind von den Eigenschaften der umgebenen Glasmatrix abhängig. Insbesondere der linearen Wärmeausdehnungskoeffizient  $\alpha$  hat eine Auswirkung auf die in diesem Glas enthalte-



nen Kristallite. Dabei ist der Unterschied zwischen dem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Glases und des Kobaltallotrops besonders wichtig. In dem Fall, dass  $\alpha_{\text{Co}} > \alpha_{\text{Glas}}$  ist, der als Zugzustand gehandhabt wird, bilden sich wenige große Kristallite aus. In dem Fall, dass  $\alpha_{\text{Co}} < \alpha_{\text{Glas}}$  ist und dadurch ein Druckzustand entsteht bilden sich hingegen viele kleine Kristallite aus.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Helen Holmes**

### **Konzeptstudie Calcinator – Einbindung in den Low Profile Process**

Betreuer: Uhlenbrock

Gutachter: Wolter, Deubener

Im Institut für Nichtmetallische Werkstoffe an der Technischen Universität Clausthal wird eine alternative Prozessführung im Bereich der Zementklinkerproduktion untersucht. Dies ist der Low-Profile-Process (LPP), in dem die Abwärme der Ofenfeuerung für die Stromerzeugung genutzt wird. Dafür entfällt in dem Aufbau des neuen Prozesses die Rohmehlvorwärmung. Für diese Veränderung müssen die bestehenden Kernaggregate, also Klinkerkühler, Drehrohröfen und Calcinator, die auch in dem neuen Prozess Anwendung finden, an das neue System angepasst werden. Dies gilt besonders für den Calcinator, für den bereits viele unterschiedliche Bauarten entwickelt wurden. Obwohl der Calcinator zum Stand der Technik zählt, findet sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht in jedem Zementwerk ein solches Aggregat. Im LPP verlagert sich der Ort der vorliegenden Reaktionsgleichgewichte durch die Veränderung der Prozessführung. Da das Rohmehl kalt zugeführt wird, benötigt der Calcinator mehr Energie als bisher. Der zusätzliche Energiebedarf kann durch den verstärkten Einsatz von alternativen Brennstoffen zur Verfügung gestellt werden. Damit diese Brennstoffe auch eingesetzt werden können, muss der Calcinator im neuen Prozess für niederkalorische und grobstückige Brennstoffe geeignet sein. In dieser Arbeit werden bereits entwickelte Calcinatoren, insbesondere solche mit einer offenen Feuerung, zusammengestellt und bewertet, ob sie für diesen Prozess geeignet sind. Die Calcinatoren werden verglichen und es wird ein Konzept für den Low Profile Process vorgestellt. Mit der Durchführung der Verbrennungsrechnung wird dessen Anwendbarkeit überprüft, da mit einem erhöhten Brennstoffbedarf auch ein erhöhter Luftbedarf einhergeht. Dieser erhöhte Luftbedarf hat wiederum einen Einfluss auf die Dimensionierung der oben benannten Kernaggregate.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Jonas Keppeler**

### **Schadstoffabscheidung im Bypass mit der Hochtemperatur-Austauschstufe**

Betreuer: Thiess, Uhlenbrock

Gutachter: Wolter, A. Weber (MVT, TU Clausthal)

Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Erforschung von Prozessalternativen im Bereich der Zementklinkerproduktion am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe der Technischen Universität Clausthal wird an einem innovativen Prozess zur gleichzeitigen Herstellung von Zement

und gesteigerter Stromerzeugung gearbeitet. In diesem modifizierten Verfahrensablauf soll eine innovative Hochtemperatur-Austauschstufe, bestehend aus einem Schütttschichtfilter mit einem umlaufenden Kugelbett, vorzugsweise aus Klinker, eingesetzt werden, um eine bessere Abwärmeverwertung aus heißen Ofenabgasen zu bewerkstelligen. Der Schütttschichtreaktor dient der Heißgasabscheidung von abrasiven Prozessstäuben aus dem Ofen. Dabei soll das Abgas mit möglichst geringen Wärmeverlusten gefiltert und an eine Gasturbine zur Stromerzeugung weitergegeben werden. Der Kernpunkt dieser Arbeit liegt dabei in den Untersuchungen der Abreinigungsverhaltens der im Schütttschichtreaktor als Filtermaterial eingesetzten Kugeln. Es werden erste grundlegende Versuchsreihen zum Aufbau einer einfachen Abreinigung entwickelt und erste Abreinigungsversuche durchgeführt.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Huimei Ma**

**Untersuchungen zum Einfluss der thermischen Vorgeschichte auf die homogene Kristallkeimbildung von Lithiumdisilicat-Gläsern**

Betreuer: Al-Mukadam

Gutachter: Deubener / Wolter

Der Einfluss der Glasstruktur auf die homogene Kristallkeimbildung im Glassystem Lithiumdisilicat wird in dieser Arbeit näher untersucht. Hierzu wurde unter Zuhilfenahme eines Lichtmikroskopes und einer Spezialsoftware die jeweilige Anzahldichte der gewachsenen Kristalle in einer Versuchsreihe bestimmt bei der Granalien als Probenmaterial verwendet wurden und eine Anzahldichte-Zeit-Kurve erstellt. Diese Kurve wurde anschließend mit den Anzahldichtekurven von zwei weiteren Messreihen verglichen, deren scherbenförmige Proben jeweils eine andere thermische Vorgeschichte als die Granalien haben. Wegen der unterschiedlichen thermischen Vorgeschichten von Granalien- und Scherben und der daraus resultierenden verschiedenen Glasstrukturen wurde ein Einfluss auf die Kristallanzahldichte vermutet und auch deutlich nachgewiesen. Zusätzlich wurden mit Hilfe eines Differentialkalorimeters und geeigneten Auswertungsmethoden, Untersuchungen der fiktiven Temperaturen von Granalien und Scherben durchgeführt.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Martin Maiwald**

**Analyse des unterkritischen Risswachstums in Natrium-(Kalium)-Aluminosilikatgläsern unter dem Einfluss verschiedener Luftfeuchten**

Betreuer: Kiefer

Gutachter: Deubener / Wolter

In der vorliegenden Arbeit wurden das unterkritische Risswachstum, die Härte sowie die elastischen Eigenschaften von drei Natrium-(Kalium)-Aluminosilikatgläsern mit unterschiedlichen strukturellen Wassergehalten untersucht. Die drei Glasserien unterscheiden sich in ihrem Natri-

um-(Kalium)-Verhältnis mit 1:0, 1:1 und 2:1. Zu jeder Glasserie lagen Proben mit einem strukturellen Wassergehalt von 0, 1, 2, 4, 6 und 8 Gew-% Wasser vor. Die Initiierung der Risse sowie die Härtemessung erfolgten mittels eines Vickershärteprüfers. Die Messungen wurden in trockener Atmosphäre bei einem Wassergehalt von ~250 ppm und in feuchter Atmosphäre bei ~9300 ppm Luftfeuchte ausgeführt um den Einfluss der Luftfeuchte auf das Risswachstum zu untersuchen. Der durch ein Lichtmikroskop erweiterte Messaufbau ermöglichte es, den Härteprüfvorgang mittels Video zu dokumentieren und in einem weiteren Schritt neben den Härtewerten, auch den zeitlichen Verlauf der Risslängen zu bestimmen. Die Ergebnisse zeigen eine Verringerung der Härte mit strukturellem Wassergehalt in allen Glasserien. Die Messungen in feuchter Atmosphäre hatten größere Risslängen zur Folge, wobei dieser Effekt durch eine Zunahme des strukturellen Wassergehaltes kleiner wurde. Nahinfrarotspektroskopische Messungen haben gezeigt, dass sich das Verhältnis zwischen molekularem Wasser und OH-Gruppen im Glasnetzwerk durch die Konzentration der Alkalioxide verschiebt. Die Probenserie mit einem Natrium-Kalium-Verhältnis von 2:1 erreicht zuerst den Punkt an dem die Konzentration an molekularem Wasser überwiegt, gefolgt von den Serien mit einem Natrium-Kalium-Verhältnis von 1:1 und 1:0. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dominierender Wasserspezies und Risslänge konnte bei den untersuchten Gläsern nicht festgestellt werden. Die elastischen Eigenschaften der Glasserien wurden mittels Ultraschallmessung bestimmt. Die elastischen Moduln sinken mit steigendem strukturellem Wassergehalt der Gläser, während die Poissonzahl ansteigt.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Rui Quin**

**Kristallisation von dotierten Sol-Gel TiO<sub>2</sub>-Schichten**

Betreuer: Helsch

Gutachter: Deubener / Wolter

In dieser experimentellen Arbeit wurden Untersuchungen an TiO<sub>2</sub>-haltigen und reinen TiO<sub>2</sub> Sol-Gel-Schichten in Hinblick auf die Anatas-Rutil-Umwandlung bis zu Temperaturen von 1200 °C durchgeführt. Röntgenbeugungsanalyse sowie Raman-spektroskopie wurden vergleichend angewandt, um neben Anatas und Rutil auch eventuell auftretendes TiO<sub>2</sub>(B) zu detektieren. In den Sol-Gel-Schichten wurde der Einfluss von SiO<sub>2</sub>-Sol und verschiedenen Dotierungsmitteln wie Triton X-100, Li<sub>2</sub>O, MgO und Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in TiO<sub>2</sub>-Sol auf die Anatas-Rutil-Umwandlung untersucht. Während für den organischen Zusatz Triton X-100 und anorganischen Zusatz H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> eine Unterdrückung der Anatasbildung beobachtet wurde, hat das Einbringen von Li<sub>2</sub>O und MgO bei kleinem Molverhältnis fast keinen Einfluss auf die Anatasentstehung. Für die reinen TiO<sub>2</sub>-Schichten beginnt die Anatas-Rutil-Umwandlung bei 1000 °C. Nach dem Tempern bei 1200 °C besteht die Schicht fast nur aus Rutil. Die Stabilität des Anatas wurde auch mit Zusatz von Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untersucht, aber das Ergebnis zeigt, dass ein kleines Molverhältnis von Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> die Anatas-Rutil-Umwandlung weder unterdrückt noch gefördert hat. SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-Schichten mit nur 10 mol% TiO<sub>2</sub> kristallisieren auch bei 1200 °C nicht. In SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-Schichten mit 16.7 mol% TiO<sub>2</sub> entsteht Anatas schon bei 1000 °C. Wenn die Temperatur auf 1100 °C erhöht wird, beginnt Anatas zu Rutil umzuwandeln. TiO<sub>2</sub>(B) wurde in allen Experimenten nicht gefunden.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

## 1.2.4 Masterarbeiten

**Felix Elsner**

### **Abhängigkeit der Zementfestigkeitsentwicklung von der Korngrößenverteilung**

Betreuer: Unseld

Gutachter: Wolter / Deubener

Gefördert von der Dres. Edith und Klaus-Dyckerhoff-Stiftung

Diese Arbeit beschäftigte sich mit dem Einfluss der granulometrischen Parameter der Gesteinskörnung auf die Festigkeitsentwicklung von Mörteln mit Portland- und Portlandkalksteinzementen. Anlass für diese Forschung ist die allgemeine Erkenntnis, dass Zemente, welche nach der DIN EN 196-1 weniger gut bewertet werden, in der Baupraxis teils bessere Ergebnisse erbringen. Frühere Forschungsarbeiten am Institut führten zu der Hypothese, dass das Prüfverfahren nach DIN EN 196-1 aufgrund von zu hohem w/z-Wert und zu feiner Gesteinskörnung unvorteilhaft für die Bewertung von Portlandkalksteinzementen sei. Aufbauend auf einer Siebanalyse wurde der CEN-Normsand untersucht und eine vergrößerte Sieblinie sowie eine Ausfallkörnung, mit jeweils gleichem Raumausfüllungsgrad, erstellt. Der Einsatz dieser neuen Sieblinien erzeugte eine ausgeprägte Lücke im Kornband, zwischen Zement und Gesteinskörnung. Durch Substitution von Feinst- und Grobfractionen von Kalksteinmehl wurde diese Kornbandlücke (teilweise) geschlossen bzw. der Zement wurde im Feinstkornbereich angereichert. Um den Einfluss auf die Festigkeitsentwicklung zu untersuchen wurden Prismen nach DIN EN 196-1, mit insgesamt 15 Mörtelrezepturen ( $w/z = 0,5$ ) erstellt und jeweils nach zwei und 28 Tagen zerstörend geprüft. Über die Messung der dynamischen E-Moduln konnte die Festigkeitsentwicklung über den gesamten Prüfzeitraum abgebildet werden. Zusätzlich wurden die Rezepturen hinsichtlich Wasseranspruch nach Punkte und den rheologischen Eigenschaften (Ausbreitmaß) untersucht.

Die aufgestellte Hypothese, dass die Schaffung einer Kornbandlücke eine Steigerung der 28d-Festigkeitsentwicklung bewirkt, konnte bestätigt werden. Da die ermittelten Einflüsse jedoch im Vergleich zu Festigkeitsänderungen durch Variation des w/z-Werts äußerst gering ausfielen, konnte die Hypothese, dass Zemente breiterer Korngrößenverteilungen normativ schlechter bewertet werden, nicht bestätigt werden.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Dominic Jonscher**

### **Einsatz von Sekundärstoffen für die Herstellung von Zementklinker im LPP**

Betreuer: Thiess, Uhlenbrock

Gutachter: Wolter, Prof. D. Goldmann (IFAD, TU Clausthal)

Gefördert von der Dres. Edith und Klaus Dyckerhoff Stiftung.

Ziel dieser Arbeit war es, ein Bilanzierungstool zur theoretischen Auswertung einsetzbarer Sekundärrohstoffe im Klinkerbrennprozess des Low-Profile-Process (LPP) zu entwickeln, welches die Zusammensetzung der Hauptoxide ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) im Klinker ebenso berücksichtigt wie die Gehalte an den Schadstoffen Chlor, Schwefel und Phosphor. Bei dem

LPP handelt es sich um einen, vom Institut für Nichtmetallische Werkstoffe der TU Clausthal entwickelten, alternativen Klinkerbrennprozess. Um die Austragsraten und Kreislaufpotentiale der Schadstoffe im LPP korrekt einzustellen, ist das Bilanzierungstool im ersten Schritt für den konventionellen Klinkerbrennprozess mit Zyklonvorwärmerturm entwickelt worden. Bei der folgenden Entwicklung des Tools für den alternativen Prozess ist besonderes Augenmerk auf die Prognose der Verdampfungs- und Kondensationsraten der Schadstoffe in den veränderten Anlagenkomponenten gerichtet. Über die Bilanzierung der Schadstoffraten im konventionellen Prozess kann ein Vergleich mit Schadstoffbilanzierungen aus wissenschaftlicher Literatur durchgeführt werden. Der Vergleich hat ergeben, dass das Bilanzierungstool gute Ergebnisse liefert, wenn die Brennbedingungen der bilanzierten Anlage exakt eingestellt werden. Ein wichtiges Kriterium für den Erfolg der Bilanzierung stellt also die genaue Kenntnis der Brennbedingungen dar. Zukünftige Ausgestaltungen des Tools können Schadstoffe wie Schwermetalle und sekundäre Brennstoffe adressieren.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

**Ronja Weck**

**Romanzement – Geschichtliche Bedeutung, zeitgenössische Verwendung und Marktpotenzial an ausgewählten Märkten**

Betreuer: Schöbel

Gutachter: Wolter, Prof. Zimmermann (IWW, TU Clausthal)

Die Arbeit entstand in Zusammenarbeit mit den Zement- und Kalksteinwerken Otterbein GmbH.

Romanzement, Romankalk oder auch Prompt-Zement bezeichnet ein traditionelles hydraulisches Bindemittel. Romanzement ist kein Zement im eigentlichen Sinne, sondern ein Kalk. Der Name Romanzement stammt aus dem ausgehenden 18. Jahrhundert, als man versuchte, das Bindemittel der Römer nachzuempfinden, welches offensichtlich eine jahrtausendwährende Dauerhaftigkeit aufwies. Charakteristisch ist auch die braune bis ockerfarbene Färbung des Romankalkes, wohingegen heutige industrielle CL90-Kalke im Allgemeinen weiß sind. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Zusammensetzung und die Eigenschaften eines bekannten Roman-Zementes untersucht und anschließend durch die Zugabe zusätzlicher Hauptbestandteile teilsubstituiert. Weiter sollten neue Einsatzmöglichkeiten anhand von Mörtelversuchen erörtert werden. Abschließend wurde auf Basis bekannter Anwendungsbereiche und neu ermittelter Einsatzmöglichkeiten das Marktpotenzial für ausgewählte Absatzmärkte mittels einer Marktanalyse abgeschätzt.

*Die Arbeit ist nicht entleihbar.*

**Maren Lengert**

**Gasochrome Spiegel auf Basis von Magnesium-Palladium-Schichtsystemen**

Betreuer: K. Gehrke (DLR, Oldenburg)

Gutachter: Deubener / H. Schmidt (IMET, TU Clausthal)

Gasochrome Beschichtungen können als Ausgangspunkt für smarte Fenster oder sogar smarte photovoltaische Fenster genutzt werden. Gasochrome Spiegel basieren auf dem Prinzip einer metallischen, nur wenige Nanometer dünnen, reflektierenden Beschichtung. Diese geht beim Schaltvorgang, der durch den Zustrom von Wasserstoff eingeleitet wird, in einen transparenten Zustand über. Der Schaltvorgang ist reversibel und die Beschichtung kehrt beim Kontakt mit Luftsauerstoff in den reflektierenden Zustand zurück.

In dieser Arbeit wurden gasochrome, schaltbare Schichten der Stapelfolgen Mg/Pd, Mg/Ti/Pd und Mg/Ti/Mg/Pd mittels Elektronenstrahlverdampfen auf Flachglassubstrate aufgebracht. Die Charakterisierung erfolgte durch GI-XRD, REM und Konfokalmikroskopie sowie direkt in der Gasschaltbox mittels UV-Vis-Spektroskopie und Vierspitzenwiderstandsmessung. Im Schichtsystem Mg/Pd erweist sich in Hinblick auf die optischen Eigenschaften und in Hinblick auf möglichst kurze Schaltzeiten eine Mg-Schichtdicke von 30 nm gegenüber 20 nm und 60 nm als optimal. Die unter Verwendung dieser Schichtdicke im hydrierten Zustand erreichte Transmission ist hoch und beträgt  $T_{\lambda=500\text{nm}}=47\%$ . SEM-Aufnahmen und XRD-Messungen zeigen, dass die Magnesiumschichten in einem teilkristallinen Zustand sind. Die in situ UV-Vis-Messungen und die in situ Vierpunktmessungen deuten auf das Vorkommen einer  $\text{MgH}_2$ -Blockerschicht hin. Die Berechnung nach dem Modell paralleler Widerstand ergibt, dass diese sich im System Mg/Pd ab einer Mg-Schichtdicke von 49 nm bildet. Durch das Einbringen des Übergangsmetalls Titan als dünne Schicht, konnte entgegen den Erwartungen keine Verkürzung der Schaltzeiten erreicht werden. Im Gegenteil, Titan in Verbindung mit Magnesium blockiert die Wasserstoffdiffusion. In diesem Zusammenhang kam es im System Mg/Ti/Mg/Pd zu einer auffälligen Goldfärbung einer Probe im hydrierten Zustand.

*Die Arbeit ist entleihbar.*

### **1.2.5 Dissertationen**

23.11.2018

**Sandra Cramm**

**Mechanische und chemische Oberflächeneigenschaften von eisenarmen Kalknatron-Silicatgläsern für solare Anwendungen**

Gutachter: Deubener / H. Behrens (Mineralogie, LU Hannover)

Die Nutzung der Solarenergie ist von stetig wachsender Bedeutung. Für entsprechende Anlagen werden eisenarme Kalknatron-Silicatgläser in Form von Flachglas verwendet, die im sogenannten Floatverfahren hergestellt werden. Die Oberflächeneigenschaften dieser Flachgläser werden

in dieser Arbeit in Hinblick auf ihre Korrosionsbeständigkeit untersucht. In der solaren Anwendung muss die Transmissivität der verwendeten Gläser über einen langen Zeitraum gewährleistet sein. Es ist daher essentiell, die Korrosionsmechanismen über diese Zeitspannen zu verstehen. Ein wichtiger Aspekt der atmosphärischen Exposition ist dabei die zyklische Kondensation, die durch den Tag/Nacht-Wechsel, aber auch durch Jahreszeitenwechsel oder Transport in verschiedene Klimazonen auftritt. Um dies näher zu untersuchen, wurden Experimente im Klimaschrank durchgeführt. In denen eine zyklische Kondensation mithilfe eines Peltier-Elements einem statischen Korrosionsexperiment in Form des Damp-Heat-Tests (85% rF und 85 °C) gegenübergestellt wurde. Darüber hinaus wurde ein Langzeitexperiment über 500 Tage verwirklicht. In drei verschiedenen Lösungen (deionisiertes Wasser, künstliches Meerwasser und Natriumsulfatlösung) wurden vier Gläser bei verschiedenen Temperaturen (4 °C, 20 °C, 60 °C, 85 °C und im Falle des Meerwasserversuches 105 °C) sowohl der Lösung selbst als auch der Dampfzone oberhalb der Lösung ausgesetzt. Als Versuchsmaterial diente ein Probenpool aus insgesamt 17 eisenarmen Solargläsern von verschiedenen Herstellern weltweit. Zyklische Kondensation auf der Glasoberfläche führt, im Gegensatz zu einer gleichmäßig hohen Feuchtigkeit der Umgebungsluft, zu größeren Hydratisierungstiefen und einer charakteristischen Anreicherung mobiler Ionen wie Natrium und Calcium in oberflächennahen Schichten. Ein geringer Gehalt von 1-2 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wirkt in Kontakt mit wässrigen Lösungen bereits stabilisierend auf das Glas, während CaO-Gehalte > 9 mol% eine erhöhte Netzwerkauflösungsrate bedingen. Die Bildung von Verwitterungsprodukten hat eine längere Benetzung durch Feuchtigkeit zur Folge, was zu einer schnellen Änderung des pH-Wertes und einer zunehmenden Korrosionsrate führt. Durch Quell- und Schrumpfverhalten, ausgelöst durch die zyklische Änderung der Bewitterung, kommt es zu Abplatzungen an der Glasoberfläche. Es konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass es durch silikatische Polymerisierung und andere Reorganisationsprozesse zu alternierenden Elementkonzentrationen im Tiefenprofil der Gläser und zur Bildung von Korrosionszonen mit lokalen Mikroklimata kommt. Während bei gleichmäßiger Bewitterung eine passivierende Gelschicht entsteht, ist dies bei zyklischer Kondensation nicht der Fall. Eine zyklische Methodik der Bewitterung ist somit zur Testung atmosphärisch exponierter Gläser besonders gut geeignet und führt zu neuen Erkenntnissen in einem wichtigen Bereich der Glaskorrosion.

17.10.2019

**Johannes Unseld**

### **Untersuchung der inneren Kornverteilung von (Multi)-Kompositzementen**

Gutachter: Wolter / W. Daum (IEPT, TU Clausthal) / H. M. Ludwig (Bauhaus-Universität, Weimar)

Ziel dieser Arbeit war es, zwei Methoden zur Untersuchung der „inneren“ Kornverteilung von gemeinsam vermahlenden Hauptbestandteilen in Zement analysierbar zu machen. Die innere Kornverteilung beschreibt hierbei die Einzelkornverteilungen von Hauptbestandteilen, die so bislang nicht nachträglich erfasst werden konnten. Dabei lag das Augenmerk auf der Analysierbarkeit solcher Zemente, die nach der neuen [DIN EN 197-1:2014] erlaubt sind, im Besonderen Zemente, die in Deutschland produziert werden. Aufbauend auf die bisherigen

Ergebnisse soll eine „Labormethode“ entwickelt werden, die mit hoher Genauigkeit die Einzelkornverteilungen wiedergeben kann. Hier konnten mehrere Trennungsgänge entwickelt werden, mit deren Hilfe rund 95 % der in Deutschland produzierten Zemente nachträglich analysiert werden können. Dabei werden die einzelnen Hauptbestandteile der Zemente separat und deren jeweilige Kornverteilung als Differenz der Residualverteilungen ermittelt. Da die Labormethode ein sehr kosten- und zeitintensives Verfahren ist, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine „Werksmethode“ entwickelt, welche durch Kombination zementwerksseitig vorhandener Analysetechnik und eines erstmals in der Zementtechnologie eingesetzten Hochleistungssichters, eine vollständige Analyse der inneren Kornverteilung bei der Herstellung von (Multi)-Kompositzementen in einer Stunde ermöglichen soll. Bei der Werksmethode wird zunächst ein Zement in einzelne Korngrößenbereiche gesichtet, um anschließend eine Analyse per Rietveld o. ä. zur Bestimmung der enthaltenen Phasen durchzuführen. Es sollte ein Aufbau resultieren, der in die laufenden Prozesse eines Zementwerkes integriert werden kann, um möglichst schnell Ergebnisse zur aktuellen Produktion zu liefern. Der hierfür verwendete „Ellbow-Jet“ Sichter der Firma Matsubo (Japan) vereint Trennschärfe und Geschwindigkeit in Kombination mit einer leichten Reinigung und damit verbundenen schnellen Wiedereinsetzbarkeit. Durch eine gegenseitige Validierung der Methoden konnten die wichtigsten Parameter wiedergefunden werden.

Dieses Projekt wurde durch die AiF und die Dres. Edith und Klaus Dyckerhoff Stiftung gefördert.

### **1.3 Promotionsstudium**

#### **1.3.1 Promotionskolleg Materialien und Prozesse (MP-Kolleg)**

Das Promotionskolleg „Materialien und Prozesse“ ist eine Einrichtung der Technischen Universität Clausthal für alle interessierten Naturwissenschaftler und Ingenieure und nimmt fachübergreifende und interdisziplinäre Aufgaben in Forschung und Lehre insbesondere zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses an der Technischen Universität Clausthal wahr. Es wird angestrebt, Doktorandinnen und Doktoranden innerhalb von 3 Jahren zur Promotion zu führen und sie als Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler fachübergreifend weiterzubilden. „Materialien und Prozesse“ bezeichnen in diesem Kolleg alle Themen der Materialwissenschaft, der Werkstofftechnik, der Verfahrens- und Umwelttechnik sowie des Maschinenbaues. Stoffbehandlungsprozesse von Abfällen im Sinne des Kreiswirtschafts-Abfallgesetzes sind einbezogen. Gemeinsames Ziel des Kollegs ist die Präzisierung und Weiterentwicklung der Werkstoffeigenschaften und Prozesse mit Hilfe experimenteller und theoretischer Untersuchungen beispielsweise zu Reaktionsabläufen, Verfahrensparametern, Werkstoffbehandlung und Prüfverfahren. Im Gegensatz zu Graduiertenkollegs der DFG oder Graduiertenschulen gibt es kein gemeinsames institutsübergreifendes Forschungsziel. Vielmehr gilt das Prinzip der Individual-promotion uneingeschränkt. Die daraus resultierende Heterogenität der Themen ist gewollt und trägt unmittelbar zur fachübergreifenden Weiterqualifikation der Kollegiatinnen und Kollegiaten bei. Durch externe Trainings wurden die Fachkenntnisse in den Programmen MATLAB (Wintersemester 2018/19) und Origin LAB (Sommersemester 2019) vertieft.



Tagesexkursionen führten in die Zuckerfabrik Schladen, die Großbäckerei HARRY in Hannover und auf die PPP-A7-Baustelle zwischen Northeim und Nörten-Hardenberg.

Unter der Führung von Frau Dr. Leßig-Owlanj konnte sich die fachübergreifende Graduiertenakademie in ihrem ersten Jahr gut etablieren. Die Veranstaltungen und Qualifikationsangebote, wie bspw. „Publikationsstrategien“, „Verhandeln nach dem Havard-Prinzip“ und die Promovierenden-Schreibgruppe, erfreuen sich großer Beliebtheit. Dazu trug unter anderem die engere Zusammenarbeit zwischen MP-Kolleg und Graduiertenakademie bei, sodass dort stets auch MP-Kollegiaten vertreten sind.

Sommersemester 2019:

Kollegiaten/innen des INW: Al-Mukadam / Bauer / Blum / Briese / Elsner / Hart / Rudolph / Schöbel / Uhlenbrock / Unseld

Teilnehmerzahl an Veranstaltungen: Ø 12 Teilnehmer (Kollegiaten und Gäste)

Wintersemester 2018/2019:

Kollegiaten/innen des INW: Al-Mukadam / Bauer / Blum / Briese / Elsner / Hart / Kiefer / Rudolph / Schöbel / Thiess / Uhlenbrock / Unseld / Welter

Teilnehmerzahl an Veranstaltungen: Ø 14 Teilnehmer (Kollegiaten und Gäste)

Adresse des MP-Kollegs: <http://www.mp-kolleg.tu-clausthal.de> (in Überarbeitung)

## **1.4 Exkursionsberichte**

### **Große Sommerexkursion im MP-Kolleg**

Die diesjährige große Sommerexkursion im Rahmen des MP-Kollegs stand unter dem Motto „Stoffkreisläufe“ und sollte die Teilnehmer durch den Nordwesten der Bundesrepublik Deutschland führen. Von der Grundstoffindustrie, über verarbeitende Unternehmen, bis hin zu Recyclingfirmen waren verschiedenste Branchen vertreten.

Die erste Station führte die Teilnehmer zur Georgsmarienhütte GmbH, welche 1856 gegründet wurde und seit 1997 im Alleinbesitz der Georgsmarienhütte Holding GmbH steht. Im Jahr 1994 wurde hier der erste Elektrolichtbogenofen Deutschlands in Betrieb genommen. Mit einer Tagesleistung von 3200 t Stahl in Form von Strangguss (95%) und Blockguss (5%), zählt die Georgsmarienhütte zu den führenden Anbietern von Stahlerzeugnissen, deren Hauptabnehmer die Automobilindustrie ist. Derzeit beschäftigt das Unternehmen ca. 7000 Mitarbeiter in 54 Standorten auf fünf Kontinenten. Den größten Umsatz (1,97 Milliarden Euro) erwirtschaftet die Georgsmarienhütte Holding GmbH mit der Stahlerzeugung. Weitere Geschäftsfelder umfassen die Bereiche Schmiedetechnik, Lenkungstechnik sowie Guss- und Stahlverarbeitung.

Die OHG Haver & Boecker führt unter ihrem Namen zwei Unternehmensbereiche zusammen, die Drahtweberei sowie die Maschinenfabrik. Dieses Familienunternehmens ist seit jeher in der Gemeinde Oelde angesiedelt. Während sich der Geschäftsbereich der Maschinenfabrik über-

wiegend mit Aufbereitungsmaschinen sowie Verpackungsanlagen z. B. für die Zementindustrie (wodurch H&B bei einigen von uns auch bekannt ist) beschäftigt, produziert die Drahtweberei Drahtgewebe in verschiedensten Ausführungen. Die Produkte der Drahtweberei werden in fast jedem Industriezweig verwendet und verbaut, allerdings sind diese Produkte häufig für den Nutzer nicht zu sehen. Beispielhaft für den vielfältigen Einsatz der Drahtgewebe sind neben Siebbelägen und Filtergewebe außerdem optische Gewebe für die Architektur.

Zu Beginn des zweiten Tages führte es die Exkursionsteilnehmer in die Nähe von Wilhelmshaven. Im dortigen Salzstock Rüstringen, Teil des germanischen Zechsteinbeckens, betreibt die NWKG 36 Kavernen. Innerhalb dieser unterirdischen Speichereinheiten werden auf staatlichen Auftrag mehrere Milliarden Liter Rohöl gespeichert. Das Erdölbevorratungsgesetz, eine Reaktion auf die Ölpreiskrise 1973, sieht eine Bevorratung von Erdölerzeugnissen in einem Umfang vor, der die Versorgung Deutschlands für 90 Tage gewährleisten muss. Die Kavernen werden in Tiefen zwischen 1200 und 2000 Metern in die Salzlagen gesolt. Um Rohöl zu speichern wird dieses in die Kaverne gepumpt, wodurch die Sole verdrängt und dem Meer zugeführt wird. Analog kann Meerwasser eingebracht werden, um das Rohöl auszubringen und verfügbar zu machen. Über Fernleitungen der Nord-West Oelleitung GmbH ist der Transport des Rohöls zu Schiffen in der Nordsee oder Raffinerien im Ruhrgebiet möglich.



*U-Boot U 10 der Bundesmarine*



*Ein Kavernenkopf*

Im Anschluss stand ein Besuch des Deutschen Marinemuseums in Wilhelmshaven auf dem Programm. Neben der Dauerausstellung, in der die Geschichte der Deutschen Marinen seit ihrem Aufbau 1848 bis heute anhand von zahlreichen Exponaten und Informationstafeln dargestellt wird, begeisterte vor allem das Freigelände des Museums mit drei begehbaren Museumschiffen die Exkursionsteilnehmer. Neben dem Flugkörperschnellboot S71 Gepard und einem U-Boot (U 10) konnte auch Deutschlands größtes Museumskriegsschiff, die Mölders, von innen und außen besichtigt werden, sodass die Kollegiaten lebendige Eindrücke maritimer Wehrtechnik und über das Leben und der Arbeit von Marinesoldaten sammeln konnten.

Die zur Glencore-Gruppe gehörende Nordenhamer Zinkhütte GmbH produziert seit 1908 am Standort Nordenham Zink und Zinklegierungen. Die Zinkhütte beschäftigt ca. 350 Mitarbeiter. Jährlich werden mehr als 160.000 Tonnen Feinzink und Feinzinklegierungen hergestellt. Die

Rohstoffe stammen größtenteils aus Nordeuropa, Südafrika, Südamerika und Australien und werden per Frachtschiff angeliefert. Besonders beeindruckend war die wortwörtliche Begehung der Elektrolyseanlagen.

Als letzte Station des zweiten Tages wurde die Firma Abeking & Rasmussen in Lemwerder bei Bremen besucht. Die Exkursionsteilnehmer erhielten einen Einblick in die Hallen einer Werft, die in erster Linie Luxusyachten der Preisklasse 1-Millionen-Euro-pro-Meter baut. Aber auch zivile Behördenschiffe und Schiffe für die Marine gehören zum Portfolio der Werft. Von den ca. 500 Beschäftigten sind ca. 50 Auszubildende in technischen Berufen.



*Yacht der SWATH-Bauweise*



*Aufgabe zum Querstromzerspaner*

Da Kunden in dieser Preisklasse oft ein hohes Maß an Diskretion wünschen, war die Besichtigung einer fertigen Yacht von Innen leider nicht möglich. Allerdings konnte eine Yacht über ein Baugerüst von außen bestaunt werden. Eine Besonderheit der Werft sind Schiffe, die nach der SWATH-Bauweise gebaut sind. Dabei befindet sich ein Großteil des auftriebsgebenden Rumpfs Unterwasser, sodass die Schiffe bei Seegang weniger stark schwanken.

Die Neocomp GmbH in Bremen – als nächste Station - bietet Lösungen für die Verwertung von Faserverbundwerkstoffe (GFK/ CFK/ GF/ CF) an. Dabei beginnen sie bei der Zerkleinerung der vollständigen Bauteile am Rückbauort (z.B. Rotorblatt einer Windkraftanlage), gehen über mehrere Schritte hin bis zur Zerkleinerung mit Hilfe von Schreddern und 360°-Querstromzerspanern bis zum Endprodukt - Faserstücke von 40-50 mm.

Zusätzlich betreibt das Unternehmen eine zweite Anlage zur Zerkleinerung von aufbereiteten Tetra-Packs. Im Verhältnis 1:1 werden die zerkleinerten Faserverbundwerkstoffen und Abfälle der Papierindustrie als Sekundärrohstoff der Zementindustrie bereitgestellt. Bei der Besichtigung der Anlage bekam man einen sehr offenen Einblick in die Tätigkeit und die Verarbeitungsmethoden, zudem blieb keine Frage unbeantwortet. Eine der letzten aber definitiv nicht uninteressantesten Stationen der diesjährigen MP-Kollegs-Exkursion war der Besuch bei Atlas Elektronik. Mit etwa 2000 Mitarbeitern und einem 80 prozentigem Anteil von Ingenieuren, Technikern und Facharbeitern entwickelt und produziert das in Bremen beheimatete Unternehmen primär akustische Sensorsysteme für maritime Anwendungen. Auf Basis dieses Geschäftszweiges werden hochmoderne Applikationen der Sensoren beispielweise in Seemienensuch- und -zerstörungsroboter, Aufklärungssysteme und aktive wie passive Vertei-

digungssysteme. Außerdem stellen innovative Near-Realtime-Hochsee-Kommunikationssysteme einen weiteren Kernbereich des Unternehmensportfolios dar. In der maritimen Anwendung ist Atlas Elektronik daher als ein verlässliches Hochtechnologieunternehmen bekannt, dass von der Steuerkonsole bis zu unbemannten Unterwasserfahrzeugen dem Anwendungsfall entsprechende maßgeschneiderte Systemlösungen anbietet.



*Quelle: Excellence in maritime electronics - Atlas Elektronik - Informationsbroschüre*

Die letzte Besichtigung der Exkursion führte uns durch die Nienburger Glashütte der Ardagh Group. Gegründet 1981 als Himly, Holsteiner & Co. wurde das Werk 2007 von der Ardagh Group übernommen. Insgesamt gehören zur Tochtergesellschaft Ardagh Glass 35 Produktionsstandorte in der Glasindustrie. Der Standort Nienburg dient als Europa-Zentrale und beschäftigt ca. 700 Mitarbeiter. In Nienburg werden ausschließlich Hohlgläser für Getränke und Lebensmittel hergestellt. Die vier Schmelzwannen der Glashütte versorgen zehn Produktionslinien, in denen ca. 320.000 Tonnen Glas pro Jahr hergestellt werden.



*Produktionshalle, Ardagh Glass in Nienburg (© Ardagh)*



## **Tagesexkursion zur Via Niedersachsen GmbH & Co. KG**

Im Rahmen der Vorlesungen „Werkstofftechnik II“ und „Baustofflehre“ wurde am 09. April die Autobahnbaustelle der A7 bei Seesen besichtigt. Bei dem Bauprojekt der Via Niedersachsen handelt es sich um eine Public Private Partnership (PPP), deren Auftraggeber das Land Niedersachsen ist. Der leitende Bauingenieur, Herr Fritsche, ermöglichte den Bachelor- und Masterstudierenden tiefe Einblicke in die verschiedenen Bauabschnitte zwischen Seesen und Nörten-Hardenberg. Dabei standen vor allem Planung, Logistik und Ausführung der einzelnen Bauwerke im Vordergrund, einschließlich aufwändiger Fledermausumsiedlung. Besonders beeindruckend war die Gleichzeitigkeit der Arbeiten auf der gesamten Strecke.



*Die Clausthaler in „Orange“*

## **Tagesexkursion zur Harry-Brot GmbH in Hannover**

Am 27. März wurde die hannoverische Großbäckerei der Firma Harry-Brot GmbH von Prof. Wolter und 13 MP-Kollegiaten besucht. Nach einem kurzen Vortrag zur Firmengeschichte, durch den Produktionsleiter Herrn Petersen, wurden die Produktionsanlagen besichtigt. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf den verschiedenen Transport-, Misch- und Ofenanlagen. Der Betrieb zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass keine Konservierungsstoffe verwendet werden. Ermöglicht wird dies durch die Reinraum- und Automatisierungstechnik, durch welche die Backwaren die komplette Prozesskette ohne Berührung durchlaufen. So kann eine gesamte Produktionslinie durch nur einen Mitarbeiter betrieben werden. Dabei werden für jeden Großkunden eigene Rezepte vorgehalten. Im Bereich der Abpackung und Versandlogistik ist allerdings noch viel Personal beschäftigt.



*Gruppe der MP-Kollegiaten*

## **2 FORSCHUNG**

### **2.1 Mitarbeiter**

#### *Bindemittel und Baustoffe (A. Wolter)*

- Wissenschaftliche Mitarbeiter mit Projektaufgaben (Drittmittel)  
C. Eichhorn, S. Schöbel, L. Uhlenbrock, J. Unseld
- Technische Mitarbeiter  
C. Rust, M. Zellmann
- Sekretariat  
V. Krause

#### *Glas und Glastechnologie (J. Deubener)*

- Wissenschaftliche Mitarbeiter mit Projektaufgaben (Drittmittel)  
R. Al-Mukadam, L. Briese, D. Hart, P. Kiefer, N. Romero Sarcos, S. Rudolph,  
A. Zandona
- Technische Mitarbeiter  
T. Peter, A. Ohlendorf
- Sekretariat  
S. Bieling

#### *Werkstatt*

- R. Holly, R. Putzig

### **2.2 Forschungsfelder**

#### *Bindemittel und Baustoffe*

- Charakterisierung von Kalkhydraten
- Sekundärstoff-Verklinkerung
- Korrelation von technologischen und physikalischen Zementprüfungen
- Trockene Rauchgasreinigung mit Kalkhydrat
- Optimierung der Packungsdichte von Portlandkomposit-Zementen
- Einsatz von natürlichen Schwermineralsanden zur Steigerung der Rohdichte von Kalksandsteinen für einen hohen baulichen Schallschutz
- Maximierung der Stromerzeugung beim Zementklinkerbrand
- BCT-Klinker
- Innere Kornverteilung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen
- Reaktivität von Magnesia
- Mittelstark gesinterte Magnesia
- Bauaufgabenbezogene Bewertung der CO<sub>2</sub>-Last von Beton

- Spritzbetonfähige Bindemittel
- Festigkeitsentwicklung von deponierfähigen Braunkohlenflugaschen

#### *Glas und Glastechnologie*

- Dünnschichttechnologie (Sol-Gel)  
AR-, PCO-, TCO-, Barriere- und Schutzschichten
- Dickschichttechnologie (Email, GMK)  
PEMS, LTCC
- Glaskeramiken  
Kinetik, Phasenbildung
- Gläser  
Relaxation, Diffusion, Viskosität, chemische und thermische Beständigkeit

## **2.3 Förderung**

### **2.3.1 Öffentlich geförderte Forschungsprojekte**

#### ***Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen -Otto von Guericke- (AiF)***

#### *Bindemittel und Baustoffe*

- 19858 BG AnorKomp  
Entwicklung nichtbrennbarer, faserverstärkter Kompositbauteile auf Basis kalthärtender, anorganischer Matrixsysteme und Ermittlung der Fertigungs-, Material-, und Bauteileigenschaften
- 20307 N/2  
Kosteneinsparung und Steigerung der Ressourceneffizienz zur Förderung von Kalksandsteinen durch Ansatz von Druckhaltestufen bei der Hydrothermalhärtung-sog. „Treppenkurven“
- 19753 N  
Zementklinkerproduktion mit maximaler Auskopplung elektrischer Energie

#### *Glas und Glastechnologie*

- 19416 N  
Faktoren der Glasbildung von Hüttensand und deren Einfluss auf Glasstruktur und Reaktivität unter Berücksichtigung verschiedener Granulationsverfahren
- 20060 N  
Emaillierfähigkeit und Haftung von Emails auf heterogenen Stahlsorten mit variierenden Begleitelementanteilen

## ***Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)***

### *Glas und Glastechnologie*

- DE 598/22-2  
Einfluss von strukturellen Parametern und Relaxationsprozessen auf die Ermüdung und die mikromechanische Eigenschaft von Oxidgläsern – die Bedeutung von volatilen Komponenten und Bindungszuständen
- DE 598/27-1  
Redoxpotentialgesteuerte Ausscheidungskinetik superparamagnetischer Nickel- und Kobaltkristalle in Silicatgläsern
- DE 598/28-1  
Stochastischer Ansatz zur heterogenen Kristallkeimbildung in Silicatgläsern
- DE 598/30-1  
Packungsabhängige viskose Sinterung von Glaspulvern aus der Nassabscheidung
- DE 598/31-1  
Alumosilatkristallisation in Glaskeramiken: Grenzflächenprozesse und Diffusion der Hauptkomponenten

## ***European Commission Directorate – General for Research and Innovation, Brussel Belgium***

### *Glas und Glastechnologie*

- 749809  
New activation routes for early strength development of granulated blast furnace slag “ActiSlag”

## **2.3.2 Industrielle Forschungsprojekte**

### *Bindemittel und Baustoffe*

- Chemische, mineralische und technologische Untersuchungen des Abbindeverhaltens von Baustoffaschen unterschiedlicher Kraftwerke und Lagerstätten (RWE Power AG)
- Verwertungsmöglichkeiten von MgO-reichem Kalkstein aus dem Mittleren Muschelkalk (Zement- und Kalkwerke Otterbein)

### *Glas und Glastechnologie*

- Gefügeausbildung und Bestimmung relevanter Eigenschaften von Lithiumsilicat-Gläsern und -Glaskeramiken (Ivoclar Vivadent AG)
- Kristallisationsverhalten von Gläsern im System  $\text{Li}_2\text{O-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  (Schott AG)



## 2.4 Konferenzbeiträge (Vortrag und Poster)

08.-09.11.2018

### Email-Seminar 2018 des DEV, Angermünde

- *L. Briese*  
Redox-induzierte Präzipitation von Nickel- und Kobalt-Metall-Nanopartikeln in Silicatgläsern
- *H. Bornhöft*  
Emaillierfähigkeit und Haftung von Emails auf heterogenen Stahlsorten mit variierenden Begleitelementanteilen AiF-IGF-Forschungsvorhaben 20060N

19.-22.02.2019

### SPP 1594 Spring School 2019, Düsseldorf

- *J. Deubener, S. Reinsch, H. Behrens, R. Müller, U. Bauer, P. Kiefer, R. Balzer, T. Waurischk*  
Impact of structure and relaxation on fatigue and micromechanical properties of oxide glasses – the role of volatiles and bonding state

21. – 22.02.2019

### 17. Treffen des DGG-DKG Arbeitskreises Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe

- *R. Al-Mukadam, J. Deubener*  
Kühlratenabhängige Kristallisation von Lithiumdisilicatschmelzen

01.-03.04.2019

### Emailtechnische Tagung, Würzburg

- *H. Bornhöft*  
Emaillierfähigkeit und Haftung von Emails auf heterogenen Stahlsorten mit variierenden Begleitelementanteilen, IGF-Vorhaben 20060N

13.-15.05.2019

### 93<sup>rd</sup> Annual Meeting of the German Society of Glass Technology (DGG) in Conjunction with the Annual Meeting of French Union for Science and Glass Technology (USTV)

- *D. Hart, N. Romero Sarcos, H. Bornhöft, J. Deubener, A. Ehrenberg*  
Cooling rate and reactivity of granulated blast furnace slag
- *T. Waurischk, R. Balzer, P. Kiefer, S. Reinsch, R. Müller, H. Behrens, J. Deubener*  
Sub-critical crack growth in hydrous silicate glasses
- *L. Briese, S. Selle, C. Patzig, J. Deubener, T. Höche*  
The influence of glass structure on the precipitation and growth on nickel nanocrystals via redox-reaction with H<sub>2</sub> gas
- *A. Zandona, B. Rüdinger, O. Hochrein, J. Deubener*  
Crystallization sequence in TiO<sub>2</sub>-nucleated glass ceramics with quartz solid solution, keatite solid solution and cordierite as main crystalline phases

- *G. Helsch, J. Deubener, M. Rampf, M. Dittmer, C. Ritzberger*  
Crystallization of sol-gel derived LAS solid solutions and their quartz inversion temperature
- *R. Al-Mukadam, J. Deubener*  
Heterogeneous nucleation of lithium disilicate melts supercooled with different speeds
- *P. Kiefer, R. Balzer, T. Waurischk, S. Reinsch, R. Müller, H. Behrens, J. Deubener*  
Subcritical crack growth in water-bearing soda-aluminosilicate glasses (Poster)
- *M. Waurischk, R. Falkenberg, P. Kiefer, S. Reinsch, R. Müller, J. Deubener*  
Sub-critical crack growth in a silicate glass: Measurement vs. Simulation (Poster)
- *D. Di Genova, J. W. E. Drewitt, R. A. Brooker, S. Anzellini, H. Mader, L. Hennet<sup>6</sup>, D. R. Neuville*  
High temperature synchrotron X-ray diffraction measurements of volcanic melts (Poster)
- *S. Rudolph, M. Dittmer, G. Helsch, C. Ritzberger, M. Rampf, J. Deubener*  
Crystallization of SiO<sub>2</sub>-Polymorphs in multicomponent glasses of the system Li<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Poster)

22.-23.05.2019

**2<sup>nd</sup> Future Cement Conference and Exhibition 2019, Brüssel, Belgien**

- *A. Wolter*  
New clinker and cement production schemes

09. – 14.06.2019

**25<sup>th</sup> International Congress on Glass (ICG 2019), Boston, USA**

- *A. Zandona, C. Patzig, B. Rüdinger, O. Hochrein, J. Deubener*  
TiO<sub>2</sub>(B) and the nucleation mechanism in Ti-doped lithium aluminosilicate glass-ceramics
- *L. Briese, S. Selle, C. Patzig, J. Deubener, T. Höche*  
Depth profiling of nickel nanocrystal populations in borosilicate glasses
- *J. Deubener*  
Time-dependent crystal nucleation of silicate liquids at deep and shallow undercooling
- *J. Deubener, H. Behrens, R. Müller*  
Micromechanical properties of hydrous oxide glasses
- *P. Kiefer, J. Deubener, R. Balzer, H. Behrens, T. Waurischk, S. Reinsch, R. Müller*  
Density, microhardness and elastic moduli of hydrous soda-lime silicate-glasses
- *T. Waurischk, R. Balzer, P. Kiefer, S. Reinsch, R. Müller, H. Behrens, J. Deubener*  
Sub-critical crack growth in hydrous silicate glasses

08.-12.07.2019

**11<sup>th</sup> ICG Summer School, Montpellier, France**

- *J. Deubener*  
Glass-ceramics (I) – nucleation and crystallization
- *J. Deubener*  
Glass ceramics (II) – applications

26.-30.08.2019

#### **Aalborg Summer School 2019, Aalborg, Denmark**

- *J. Deubener*  
Controlled crystallization of glass – from transformation kinetics to glass-ceramics

09.-12.09.2019

#### **9<sup>th</sup> Otto Schott Colloquium 2019, Jena**

- *R. Müller, T. Waurischk, S. Reinsch, H. Behrens, R. Balzer, U. Bauer, J. Deubener, P. Kiefer*  
Micromechanical properties of hydrous oxide glasses

18.10.2019

#### **Fachausschuss I Physik und Chemie des Glases der DGG, Clausthal-Zellerfeld**

- *N. Romero Sarcos*  
Study of the glass transition by high rate calorimetry

## **2.5 Veröffentlichungen**

### **2.5.1 Artikel in referierten Fachzeitschriften**

- *R. Al-Mukadam; J. Deubener*  
Effects of cooling rate and oxygen partial pressure on heterogeneous crystal nucleation of supercooled lithium disilicate melt in PtRh20 containers  
J. Non-Cryst. Solids 524 (2019) 119642.
- *L.C. Briese, S. Selle, C. Patzig, J. Deubener, T. Höche*  
Depth-profiling of nickel nanocrystal populations in a borosilicate glass – A combined TEM and XRM study  
Ultram. 205 (2019) 39–48.
- *T. Welter, U. Marzok, J. Deubener, S. Reinsch, R. Müller*  
Hydrogen diffusivity in sodium aluminosilicate glasses  
J. Non-Cryst. Solids 521 (2019) 119502.
- *P. Kiefer, R. Balzer, J. Deubener, H. Behrens, T. Waurischk, S. Reinsch, R. Müller*  
Density, elastic constants and indentation hardness of hydrous soda-lime-silica glasses,  
J. Non-Cryst. Solids 521 (2019) 119480.

- *M. Rampf, M. Fisch, G. Hensch, J. Deubener, C. Ritzberger, W. Höland, M. Dittmer*  
Quartz-containing glass-ceramics in the  $\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O-K}_2\text{O-MgO-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-P}_2\text{O}_5$  system  
J. Appl. Glass Sci. 10 (2019) 330–338.
- *R. Balzer, H. Behrens, S. Schuth, T. Waurischk, S. Reinsch, R. Müller, M. Fechtelkord, J. Deubener*  
The influence of  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{SiO}_2$  on the structure of silicoborate glasses  
J. Non-Cryst. Solids 519 (2019) 119454.
- *A. Zandona, C. Patzig, B. Rüdinger, O. Hochrein, J. Deubener*  
 $\text{TiO}_2(\text{B})$  nanocrystals in Ti-doped lithium aluminosilicate glasses  
J. Non-Cryst. Solids: X 2 (2019) 100025.
- *D. Giordano, D. González-García, J.K. Russell, S. Raneri, D. Bersani, L. Fornasini, D. Di Genova, S. Ferrando, M. Kaliwoda, P.P. Lottici, M. Smit, D.B. Dingwell*  
A calibrated database of Raman spectra for natural silicate glasses: implications for modelling melt physical properties  
J. Raman Spec. (2019) 1–17.
- *F. Arzilli, G. La Spina, M. R. Burton, M. Polacci, N. Le Gall, M. E. Hartley, D. Di Genova, B. Cai, N.T. Vo, E.C. Bamber, S. Nonni, R. Atwood, E.W. Llewellyn, R.A. Brooker, H.M. Mader, P.D. Lee*  
Magma fragmentation in highly explosive basaltic eruptions induced by rapid crystallization  
Nature Geosci (2019) <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0468-6>.
- *F. Arzilli, D. Morgavi, M. Petrelli, M. Polacci, M. Burton, D. Di Genova, L. Spina, G. La Spina, M.E. Hartley, J.E. Romero, J. Fellowes, J. Diaz-Alvarado, D. Perugini*  
The unexpected explosive sub-Plinian eruption of Calbuco volcano (22–23 April 2015; southern Chile): Triggering mechanism implications  
J. Volcanol. Geotherm. Res. 378 (2019) 35–50.
- *A. Zandona, B. Rüdinger, O. Hochrein, J. Deubener*  
Crystallization sequence within the keatite solid solution – cordierite mixed compositional triangle with  $\text{TiO}_2$  as nucleating agent  
J. Non-Cryst. Solids 505(2019) 320–332.
- *E. Hüger, F. Strauß, J. Stahn, J. Deubener, M. Bruns, H. Schmidt*  
In-situ measurement of self-atom diffusion in solids using amorphous germanium as a model system  
Sci. Rep. 8 (2018) 17607.

## **2.6 Kurzdarstellung des AiF-Projektes 19858 BG AnorKomp**

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP) Rostock wird am INW an einem Faserverbundwerkstoff für den Schiffsbau gearbeitet. In diesem AiF-geförderten Projekt geht es besonders um die Fertigung brandhemmender und nichtbrennbarer Bauteile, die die höchsten Brandschutzklassen im Schiffsbau erfüllen.

Faserverbundwerkstoffe haben im Schiffsbau im Bereich von Sport- und Freizeitbooten eine lange Tradition. Die Vorteile von Glasfaserkunststoff-(GFK)-Bauteilen gegenüber Stahl liegen auf der Hand. GFK-Bauteile dürfen aber in der kommerziellen Schifffahrt nicht eingesetzt werden, da sie brennbar sind. Das AiF-Forschungsvorhaben hat das Ziel, die positiven Eigenschaften der Glasfasern mit einer eigens dafür entwickelten Bindemittelrezeptur zu kombinieren und so einen Verbundwerkstoff zu schaffen, der anorganisch, nicht brennbar und trotzdem widerstandsfähig genug ist, nicht tragende Bauteile im Schiffsbau zu ersetzen.

Neben einer Anpassung der Schlichte auf der Oberfläche der Glasfasern, die im Normalfall speziell für Kunststoff in GFK-Bauteilen optimiert ist, muss die Glasfaser zeitgleich unempfindlich gegenüber dem alkalischen Milieu sein, da das hier eingesetzte Bindemittel mit Wasserglas als Flüssigkomponente arbeitet. Eine Entfernung der Glasfaserschlichte, sowohl thermisch als auch nasschemisch erbrachte bislang nicht den gewünschten Effekt besserer Matrixanbindung bei zeitgleicher Aufrechterhaltung der alkaliresistenten Eigenschaften.

Die Feststoffkomponente dieser Matrix besteht größtenteils aus Recyclingglas und Hüttensand. Als Nebenbestandteile werden Wollastonit, Anhydrit und Weißzement sowie geringe Mengen an Natriumhydroxid eingesetzt. Momentan ist die Untersuchung der bestmöglichen Zusammensetzung noch in vollem Gange.

Weiteres Ziel ist, die bislang noch in Handlamination hergestellten Formteile vollautomatisch produzieren zu lassen. Die Problematik ist hier im Gegensatz zu GFK Bauteilen, dass die Matrix partikelhaltig ist. Das heißt es kommt beim Anlegen von Unterdruck gern zu Entmischung, sprich die groben Partikel verklumpen an einer Stelle, während das flüssige Wasserglas weiter durch den Unterdruck in die Form hineintransportiert wird. Eine Vakuumintrusion entfällt somit als Methode.

Das Forschungsvorhaben hat eine Restlaufzeit bis Ende Juli 2020.

## **2.7 Arbeitsthema C<sub>3</sub>A**

Der Gehalt an C<sub>3</sub>A in Zementen wird bislang nach Bogue ermittelt. Für CEM I Zemente ist diese Methode geeignet und in der Industrie auch durchgängig in den Ablauf der Analytik integriert. Nach der neuen DIN EN 197-1:2014 muss jedoch der Gehalt an C<sub>3</sub>A auch in CEM IV-Produkten ermittelt werden, wenn diese als SR-Zemente (hoher Sulfatwiderstand) deklariert werden sollen.

So ist nach der Norm zwar die maximal zulässige Menge an  $C_3A$  vorgegeben (9% des Klinkeranteils), ein genauerer Blick in die Norm zeigt jedoch, dass bislang noch keine zulässige Methode entwickelt wurde, um diesen Gehalt an  $C_3A$  zu bestimmen. Die Norm gibt hierzu lediglich den Hinweis „Das Prüfverfahren zur Bestimmung des  $C_3A$ -Gehaltes im Klinker anhand einer Analyse des fertigen Zements wird zurzeit von CEN/TC 51 erarbeitet.“ Klar scheint nur, dass nach Bogue eine fehlerbehaftete Bewertung dieser Zemente erfolgt.

Aus diesem Grund wird am INW zurzeit eine neue Methode zur Bestimmung des  $C_3A$  Gehaltes in Zementen untersucht. Hierzu wird ein völlig neuer Ansatz gewählt, bei dem der Gehalt mittels Röntgenbeugung und anschließender Rietveldanalyse bestimmt wird. Da die Röntgenreflexe des  $C_3A$  (sowohl kubisch, als auch orthorhombisch) nicht sehr stark ausgeprägt sind, und zudem noch von anderen Reflexen, wie Dihydrat und Halbhylrat überdeckt werden, scheint eine exakte Mengenbestimmung zunächst nicht trivial.

Um die Röntgenreflexe zu verstärken wird in einem ersten Schritt mittels einer Lösung aus Maleinsäure und Methanol das im Klinker vorhandene Alit und Belit aufgelöst. Danach weist der Residualzement schon wesentlich stärker ausgeprägte Reflexe für das  $C_3A$  auf. Wie beschrieben liegen diese im Bereich der Gipsphasen, sodass es durch die Rietveldanalyse zu Fehlsuordnungen zwischen Dihydrat, Halbhylrat und  $C_3A$  kommen kann.

Diese Fehlsuordnungen konnten erfolgreich dadurch umgangen werden, dass als letzter Präparationsschritt der um Alit und Belit erleichterte Zement im Ofen auf zirka 320 °C erhitzt wird. Dadurch geht sowohl das Dihydrat, als auch das Halbhylrat in den Anhydrit II über, eine Gipsphase die keine gemeinsamen Reflexe mit  $C_3A$  besitzt.

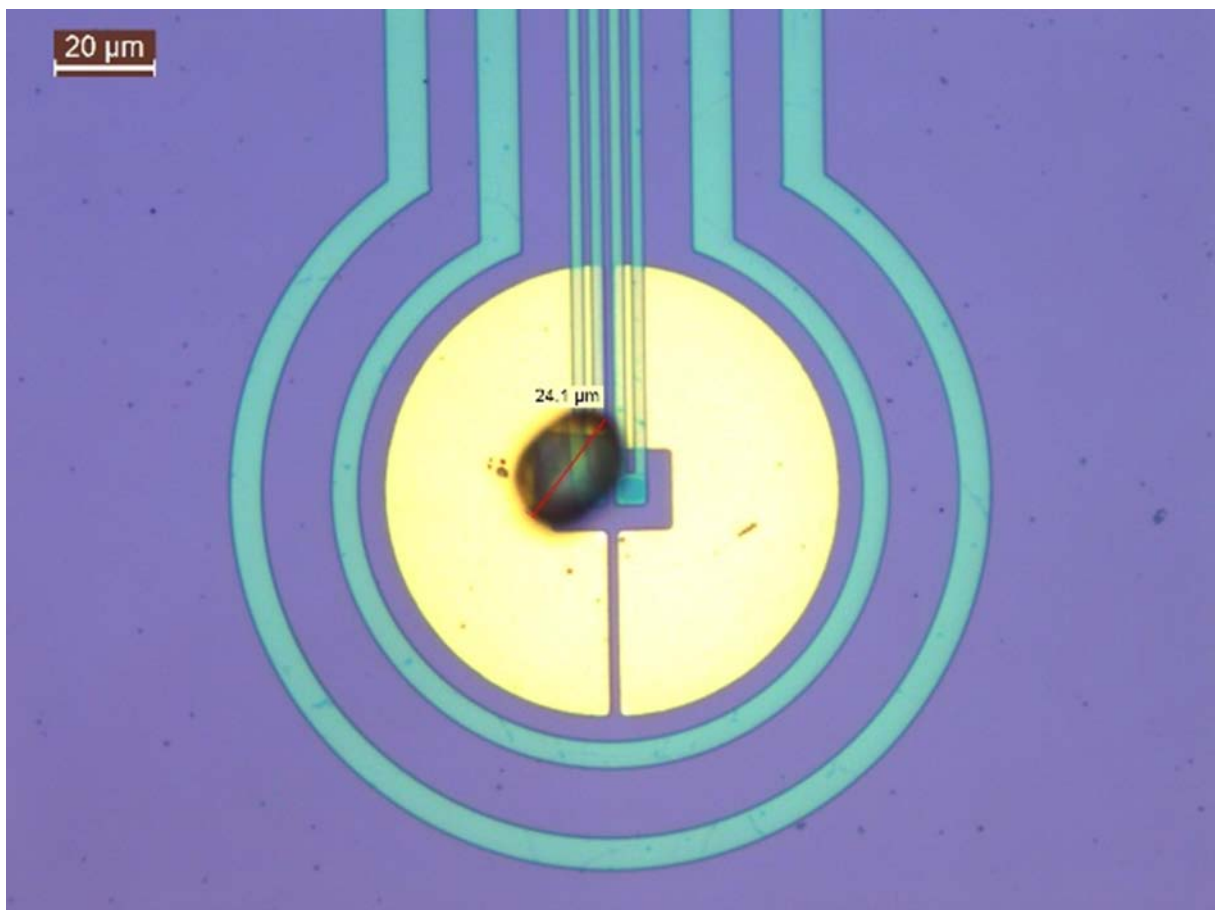
Anschließend kann die Röntgenbeugung mit quantitativer Rietveldanalyse durchgeführt werden, die Reflexe des  $C_3A$  liegen dann frei. Ab Januar 2020 wird dieses Projekt für sechs Monate durch die Dres. Edith und Klaus Dyckerhoff Stiftung gefördert. Das Projekt wird vom zuständigen Normenausschuss mit Interesse verfolgt.

### 3 NACHRICHTEN

#### 3.1 Drei neue Geräte für Lehre und Forschung

##### 3.1.1 Chipkalorimeter Flash DSC 2+

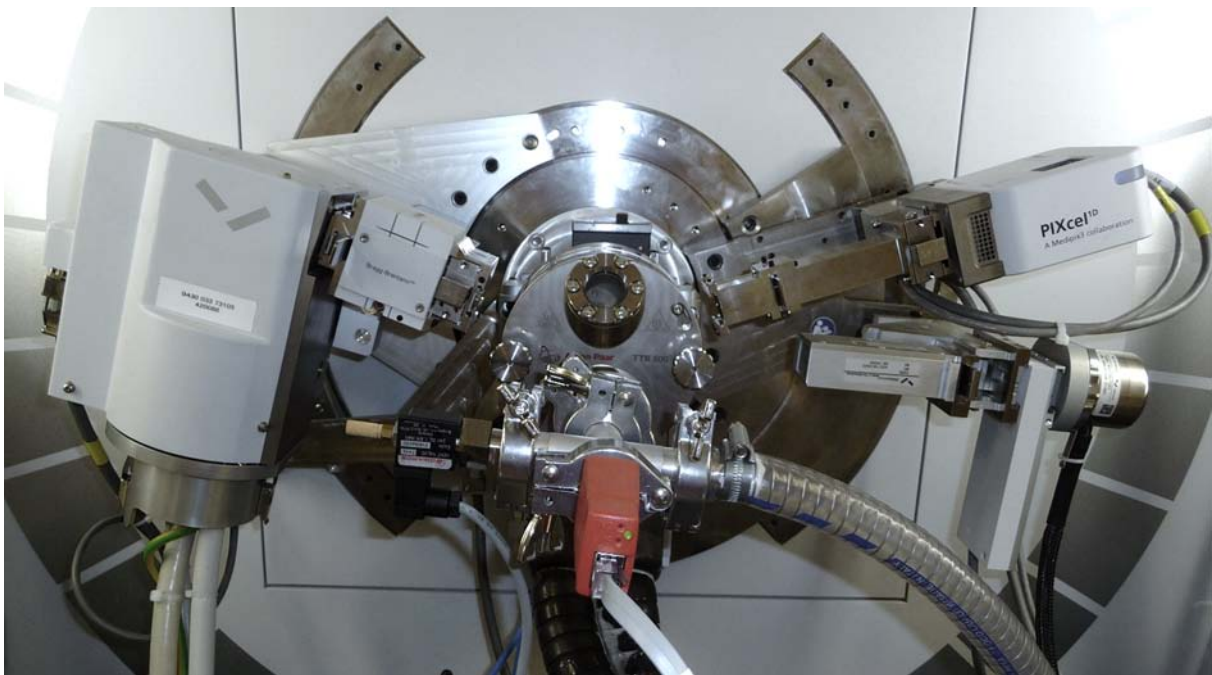
Die Abteilung Glas verfügt nun über ein Chipkalorimeter Flash DSC 2+ der Firma Mettler Toledo. Das Gerät erweitert den zugänglichen Heiz- und Kühlratenbereich um mehr als 7 Dekaden. Besonders die hohen Kühlraten helfen störende Kristallisationen zu vermeiden, wodurch die Viskosität des Glases in den Temperaturbereich des Erweichungspunktes ( $T_{6.6} = 10^{6.6} \text{ Pa s}$ ) bestimmbar wird. Zunächst wird eine Probe, deren Durchmesser kleiner  $90 \mu\text{m}$  sein sollte, mit Hilfe eines Marderhaares (elektrostatische Anziehung) und eines Beobachtungsmikroskops direkt auf dem Messchip platziert. Daraufhin wird die Probe in einer inerten Atmosphäre im einem Temperaturprogramm ( $< 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ ) unterzogen und parallel das Wärmestromsignal gemessen. Maximale Heizraten bis  $60.000 \text{ K s}^{-1}$  und Kühlraten bis  $40.000 \text{ K s}^{-1}$  wurden mit dem neuen Gerät erreicht.



*Ausschnitt des Messchips mit Heiz- und Thermoelementen sowie der platzierten Glasprobe im Chipkalorimeter Flash DSC 2+*

### 3.1.2 Tieftemperaturkammer TTK 600 für das Röntgendiffraktometer

Das Röntgendiffraktometer der Arbeitsgruppe Glas wurde in 2019 mit einer Tieftemperaturkammer TTK 600 der Firma Anton Paar, ausgestattet. Die Kammer ermöglicht die Röntgenbeugungsanalyse sowohl von Pulvern als auch von kompakten Proben und dünnen Schichten zwischen + 600 °C und -190 °C. Zur Vermeidung von Kondensation im Probenraum und zur Gewährleistung der notwendigen Wärmeübertragung, wird in Vakuum oder unter Schutzgas gemessen. Die Kühlung erfolgt mit flüssigem Stickstoff. Ziel der bereits laufenden Untersuchungen sind die Messung von Phasenumwandlungstemperaturen und die Bestimmung von Gitterkonstanten im Tieftemperaturbereich.



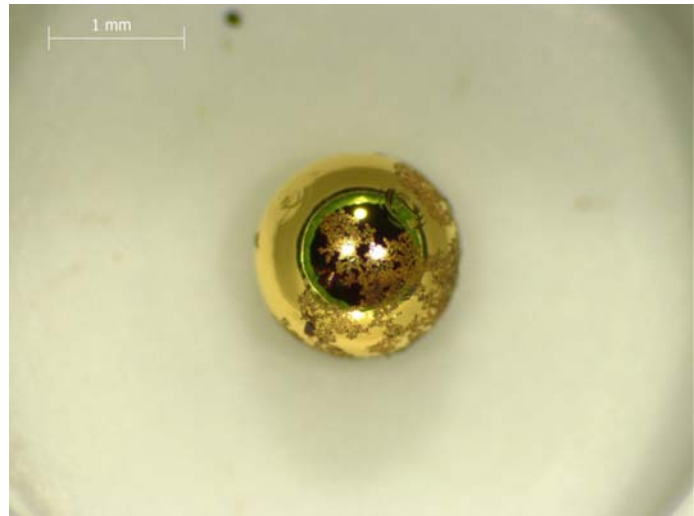
*Tieftemperaturkammer im Zentrum der Messanordnung des Röntgendiffraktometers*

### 3.1.3 Spende des Deutschen Email Verbandes e.V. ermöglicht Geräte-Neuanschaffungen

Der Vorstand des Deutschen Email Verbandes e.V. hat bereits im Oktober 2018 eine Spendenzusage in Höhe von 25.000 € an die Abteilung Glas zur Erweiterung der apparativen Ausstattung beschlossen, für die wir uns herzlich bedanken.

Diese Spende wurde im Laufe dieses Jahres verwandt, um die Einrichtung im Mikroskopielabor zu ergänzen. Zum einen wurde ein Stereomikroskop der Fa. Leica vom Typ EZ4W mit hochauflösender Kamera sowie ein Heiztischaufsatz für das vorhandene Olympus BX60 Mikroskop der Fa. Linkam vom Typ TS1500 angeschafft. Das zweite Gerät ermöglicht hochauflösende Videosequenzen von Reaktionsabläufen im Hochtemperaturbereich bis 1500 °C.





*Leica Stereomikroskop Typ EZ4W (links) mit Abbildung des Gold-Standards zur Kalibrierung (oben)*



*Heiztischaufsatz am Olympus BX60 Mikroskop mit Detailausschnitt*

### 3.2 Wandertag 2019

Der diesjährige Instituts-Wandertag fand am 26. September statt und führte uns zur Abwechslung mal aus dem Harz hinaus in die Gegend von Einbeck. Genauer gesagt, ging es von Kreiensen nach Einbeck und dort zur Besichtigung und Bierverskostung in die Brauerei. In Fahrgemeinschaften bzw. per Bahn erreichten wir den Ausgangspunkt unserer Wanderung am Kreienser Bahnhof. Von dort ging es zunächst durch den Ort und dann hinauf zur Burg Greene mit ihrem 25 m hohen Bergfried, den man auch besteigen konnte (130 Stufen). Frisch gestärkt bogen wir unterhalb der Burg nach links in den Einbecker Weg ab, der steiler als erwartet durch einen relativ dichten Buchenwald bergauf und dann genauso auch wieder bergab führte, inklusive einer kleinen Geländeeinlage als Abkürzung.



*Greener Burg*



*Burgausblick auf die Orte Kreiensen & Greene*



*Unterwegs im Wald*



*Marktplatz in Einbeck*



*Besichtigung der Brauerei Einbeck*



*Bierprobe im Brauereikeller*



Am Ortseingang von Einbeck musste sich Prof. Wolter wegen wichtiger Termine leider verabschieden, während der Rest der Wandergruppe weiter zum schönen Marktplatz ging, um nach einer kurzen Rast zum Einbecker Brauhaus aufzubrechen. Dort gab es eine interessante Führung (die Bayern haben das Brauen von genießbarem Bier von einem Einbecker Braumeister gelernt!) und endlich die Verkostung der verschiedenen Einbecker Biere, die mit Sachkenntnis und großem Eifer durchgeführt wurde. So gegen 19:00 Uhr waren dann wohl auch die letzten Wanderer wieder zurück in Clausthal. Danke für die Organisation an Sabrina Bieling und fürs Scouting an Hansjörg Bornhöft und nicht zuletzt an die Fahrer und Fahrerinnen, die dem Gersensaft entsagen mussten.

### **3.3 Emailtechnische Jahrestagung in Würzburg vom 01-03.04.2019**

Als Tagungsort der diesjährigen Emailtagung hatte sich der Deutsche Email Verband e.V. das Hotel Maritim in Würzburg am Main auserkoren. Etwa 100 Teilnehmer aus Deutschland und angrenzenden EU-Ländern nahmen an der dreitägigen Veranstaltung teil. Vom Technischen Ausschuss im DEV wurde ein breites Themenspektrum an Fachvorträgen zusammengestellt. Werksbesichtigungen stellten auch in diesem Jahr einen wesentlichen Bestandteil der Tagung dar. Sie werden für Industrie-Teilnehmer auf dem Prinzip der Gegenseitigkeit durchgeführt und führten zu den Firmen Düker GmbH in Laufach (Technische Emailierungen auf Gusseisen) und Electrolux Rothenburg GmbH in Rothenburg (Herstellung von Haushaltsgroßgeräten, Stanzerei, Emaillierwerk, Montage). Des Weiteren wurde das Fraunhofer ISC in Würzburg besucht, wo den Teilnehmern Einblicke in die moderne Glasanalytik ermöglicht wurde.



*Fernblick auf die Festung Marienberg in Würzburg*

### 3.4 25<sup>th</sup> International Congress on Glass (ICG 2019) in Boston, USA

Vom 09.- bis zum 14. Juni 2019 fand der 25. Internationale Glaskongress in Boston, Massachusetts statt. Von der Arbeitsgruppe Glas nahmen die wissenschaftlichen Mitarbeiter Laura Brie-se, Philipe Kiefer und Alessio Zandona sowie Professor Deubener teil und präsentierten über die Woche verteilt 5 Vorträge. Mit 10 parallellaufenden Sessions, über drei Stockwerke des Tagungshotels verteilt, konnten die ca. 1000 Teilnehmer an den neuen wissenschaftlichen Ergebnissen teilhaben, die in rund 450 Vorträgen vorgestellt wurden. Highlights der Tagung waren die zwei Poster Sessions auf denen man mit vielen Glas Spezialisten aus Wissenschaft und Industrie Netzwerken konnte. Zudem gab es am Mittwochnachmittag ausreichend Zeit, die schöne Stadt Boston mit ihrer interessanten Geschichte zu erkunden.



### 3.5 11<sup>th</sup> ICG Summer School 2019 in Montpellier, Frankreich

Auch in diesem Jahr fand wieder die ICG Summer School im südfranzösischen Montpellier statt. Vom 8-12.7.2019 haben Raisa Cristine dos Santos und Simon Rudolph von der Arbeitsgruppe Glas die TU Clausthal dort vertreten. Mit den vorgesehenen 50 Teilnehmern war die Summer School ausgebucht, was ein schöner Erfolg für diese Veranstaltung ist. Die Schule gliederte sich vormittägliche Vorlesungen und einer Ausarbeitung eines Gruppenprojekts am Nachmittag. Inhalte der Vorlesungen an den ersten beiden Tagen betrafen die Bildungsbedingungen und die Strukturaufklärung der Gläser zu denen auch Prof. Deubener mit seiner Vorlesung zur Umwandlungskinetik beitrug. Besonders interessant waren die Teilnehmerpräsentationen der Doktoranden, die am zweiten Nachmittag in Gruppen für eine Projektarbeit eingeteilt wurden. Die zu bearbeitenden Themen waren dabei breit gefächert und wurden im Auditorium am Freitag vorgestellt. Zudem wurden Vorträge zu dem Thema „Hazardous waste vitrification“ angeboten und die Forschungsanlagen am stillgelegten Kernkraftwerk Marcoule besichtigt, wozu ein Transfer aus Montpellier organisiert wurde.





*Teilnehmende der IICG Summer School mit den Clausthalern  
R. Cristine dos Santos (Reihe 4, 2. von links) und S. Rudolf (Reihe 1, 5 von rechts)*

### **3.6 DGG-DKG Arbeitskreises „Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe“ am INW**

Das 17. Treffen des DGG-DKG Arbeitskreises Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe fand am 21. und 22. Februar 2019 am INW statt. Eingeladen hatte Professor Deubener. Die Veranstaltung war mit 58 Teilnehmern, darunter auch 9 Teilnehmer aus der Industrie, gut besucht. Die Vortragssitzungen wurden von Prof. I. Avramov (IPC Sofia), Prof. C. Roos (RWTH Aachen) und Prof. C. Rüssel (IMWS Halle) und Prof. Deubener geleitet. Diskutiert wurden grundlegende Aspekte glaskeramischer Werkstoffe. Das Treffen wurde mit einem gemütlichen Zusammensein im Ratskeller und der Besichtigung ausgewählter Labore unseres Instituts abgerundet.



*Teilnehmende des Arbeitskreis-Treffens am Eingang unseres Instituts*

### 3.7 Beirat

Der Beirat der Professur für Bindemittel und Baustoffe begleitet die Entwicklung des Lehrstuhles in Forschung und Lehre. Dieser tagte im Berichtszeitraum am 26. März 2019 in Hannover.

Neben den ständigen Tagesordnungspunkten zur Entwicklung der TU Clausthal im Allgemeinen und des INW / der Professur für Bindemittel und Baustoffe im Speziellen, wurde insbesondere über die mögliche Wiederbesetzung der Professur, ggf. mit geänderter Denomination, ggf. auch mit neuer Fakultätszuordnung angesichts der anstehenden Pensionierung von Prof. Wolter im Herbst 2020 diskutiert. Das Ministerium für Wissenschaft und Kultur erwartet von allen Studiengängen eine Auslastung von mindestens 80%. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik schaffen derzeit ca. 30%, bei demographisch deutlich sinkenden Studierendenzahlen, also ohne Aussicht auf Zielerreichung mit der derzeitigen Ausstattung. Damit der Studiengang Materialwissenschaft und Werkstofftechnik nicht über kurz oder lang in Clausthal verloren geht, ist dringende Aktion geboten, um mehr Studierende zu erreichen. Dies könnte für das Fachgebiet Bindemittel und Baustoffe eine Neupositionierung im Bereich der Rohstoff- und Energieeffizienz bzw. der Kreislaufwirtschaft bedeuten, welche sich die TU Clausthal unter ihrem neuen Präsidenten Prof. Schachtner als „große Überschrift“ vorgenommen hat.

Mitglieder:

Prof. Dr. Martin Schneider  
Dr. Christoph Hommertgen  
Dr. Sven-Olaf Schmidt

VDZ gGmbH  
HeidelbergCement AG/VDZ  
Bundesverband der Dt. Kalkindustrie e.V.

## 3.8 Nachrufe

### 3.8.1 Dr.-Ing. Peter Thormann



*Geb. 17. Juli 1931, gestorben 08. Juli 2019*

Mit Dr. Thormann hat uns ein „Urgestein“ des Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe, vormals "sein" Institut für Steine und Erden, verlassen.

Geboren in Lautenthal/Oberharz begann er 1951 nach dem Abitur in Goslar das Studium der Steine und Erden an dem wenig zuvor von Professor Lehmann gegründeten gleichnamigen Institut. Sein Diplom schloss er im April 1957 ab mit einer Arbeit über „Versuche zur Steigerung der Leistung von Zementmühlen durch Vorzerkleinerung mit einer Prallmühle“. Schon während des Studiums hat er wiederholt in den verschiedensten Werken der Steine- und Erden-Industrie gearbeitet, vermutlich zur Finanzierung seines Studiums, denn die Studienfinanzierung nach dem Honnefer Modell wurde erst zum Wintersemester 1957/58 eingeführt, als er just sein Studium abgeschlossen hatte. Da arbeitete er bereits bei der Weserhütte AG in Bad Oeynhausen als Projektingenieur für Hartzerkleinerung. Kaum 1 Jahr später, zum 01. April 1958 holte ihn Professor Lehmann zurück ans Institut für Steine und Erden, offenbar, weil er diesen jungen Mann mit seinen vielfältigen Industriekontakten zum weiteren Ausbau seines Institutes und des Netzwerkes gut brauchen konnte. Peter Thormann wurde dann schnell wissenschaftlicher Assistent und Oberingenieur, der am 21. Februar 1964 mit seiner Dissertation über „Den Einfluss der Kalksteinkorngröße auf die Klinkermineralbildung im Temperaturbereich von 850° bis 1450 °C“ promovierte. Jene Funktion hat er die nächsten 32 Jahre im Institut bekleidet, wobei er besonderes Gewicht auf eine industriegerechte Gestaltung des Studiums legte, in vorbildlicher Weise die Industriekontakte weiterführte und ganz besonders das Netzwerk der Ehemaligen des Institutes zusammenhielt.

So war er auch über viele Jahre der verantwortliche Redakteur und Gestalter unseres Segerkegels. Nebenbei "managte" er die "Akademische Sportverbindung Barbara Clausthal im ATB", wozu zuvorderst die Errichtung des Verbindungshauses 1974 gehörte. Nach seiner Pensionierung im Jahr 1996 nahm er noch einige Beratungstätigkeiten war, zog sich dann aber Stück für Stück aus den fachlichen Dingen zurück. Hingegen setzte er sich noch bis ins hohe Alter gern auf sein Motorrad (BMW R27), das im Übrigen nur die „Werkstatt Thormann“ kannte. Noch während des Studiums im Jahr 1955 hat er geheiratet und mit seiner Frau Rosemarie geb. Barkow drei Kindern das Leben geschenkt. Ganz ohne Frage gehörte Dr. Thormann zu den bekanntesten Gesichtern unseres Institutes, welches uns in Verbindung mit seiner stets freundlichen Zugewandtheit und einem letzten „Glückauf!“ in lebendiger Erinnerung bleiben wird.

Clausthal-Zellerfeld im November 2019  
Prof. Dr. Albrecht Wolter

### **3.8.2 Katja Krieg, geb. Blumenthal**

Am 30. 09. 2019 erreichte uns die zutiefst berührende Nachricht, dass unsere ehemalige Studentin Katja Krieg, geb. Blumenthal am 27. 09. 2019 verstorben ist. Sie hatte ihr Studium Mitte der 2000er Jahre zugunsten der Familie abgebrochen, nachdem sie sich zuvor u.a. mit aller Energie in der Studentenbetreuung und der Werbung für unseren Studiengang eingesetzt hatte. Sie soll uns allezeit im Gedächtnis bleiben.

Clausthal-Zellerfeld im November 2019  
Prof. Dr. Albrecht Wolter



### 3.8.3 Dr. Martin Gerhard Schmidt

Nach einem erfüllten Leben ist unser lieber Vater, Großvater  
und Urgroßvater heute heimgegangen.  
Wir blicken dankbar zurück auf die vielen Jahre, die wir mit  
ihm verbringen durften.

## Dr. Martin Gerhard Schmidt

\* 25.07.1924 † 11.11.2019

In Liebe und Dankbarkeit:

Ulrike Humphreys geb. Schmidt  
Gwyneth Humphreys mit Felipe und Hugo  
Thomas Humphreys und Aline mit David  
Harald Schmidt und Edda mit Stephan

Neuwied, im November 2019

Die Begräbnisfeier findet am Samstag, dem  
16. November 2019, um 14.00 Uhr im Kirchensaal der  
Herrnhuter Brüdergemeine Neuwied statt. Anschließend ist  
die Beisetzung auf dem Gottesacker.  
Statt zugedachter Blumen darf eine Spende an den Verein der  
Freunde des Herrnhaag e.V. gegeben werden.  
IBAN DE 21 5185 0079 0121 0043 80,  
Kennwort: Martin Schmidt.

### 3.8.4 Anita Seitz Uhlig

*Ich bin schon mal vorausgegangen,  
obwohl ich gerne noch geblieben wäre.*

## Anita Seitz-Uhlig

geb. Seitz

\* 9. 6. 1963 † 10. 11. 2019

Wir nehmen Abschied in Dankbarkeit und Liebe

Tom Uhlig und Sabrina Nagel  
Lutz Müller  
Hans-Peter und Erika Seitz  
Mario und Daniela Seitz  
mit Marco und Laura  
und alle Angehörigen

Clausthal-Zellerfeld, Eschenbacher Straße 13

Die Trauerfeier findet am Donnerstag, den 14. November 2019, um 14 Uhr in der  
Friedhofskapelle Clausthal statt; anschließend Beisetzung.

Bestattungsinstitut Klaus, Clausthal-Zellerfeld, Tel. 05323 / 3386



Traurig macht uns auch der frühe Tod von Anita Seiz-Uhlig. Sie war nach der Pensionierung von Frau Vaupel einige Jahre die Sekretärin und Organisatorin der Abteilung Ingenieurkeramik. Als diese Professur nicht wiederbesetzt wurde, wechselte sie in das Institut für Allgemeine und Anorganische Chemie, wo sie bis zuletzt Dienst tat. Mit ihrer ruhigen und beständigen Art bleibt sie uns in bester Erinnerung.

Clausthal-Zellerfeld im November 2019

Prod. Dr. A. Wolter

## ADRESSEN EHEMALIGER

Wer kann Angaben zum Verbleib der nachfolgend aufgeführten Ehemaligen machen?  
Mitteilungen erbeten an:

Herrn Michael Zellmann  
michael.zellmann@tu-clausthal.de  
Tel. 0 53 23/72-24 74  
Fax 0 53 23/72-99 24 74

Name	Diplom	Promotion
Dipl.-Ing. Klaus Guddas, Berlin		
M.Sc. Mateusz Rzeznik, Köln		
Dipl.-Ing. Godehard, Süßmuth, Mühldorf/Inn		
Dipl.-Ing. Barbara Strömann, Bratislava (Slowakei)		
Dipl.-Ing. Eduard Baatz, Holderbank (Schweiz)		
Dr.-Ing. Tanja Eckardt, Hanau		
Dr.-Ing. Axel Schwechheimer, Bornheim		
Dipl.-Ing. Bernd Hollmann, Dotternhausen		
Dr.-Ing. Peter Eisbein, Tortosa (Spanien)		
Fr. Anett Schaare, Magdeburg		
Dipl.-Ing. Tamara Wippich, Schöfflisdorf (Schweiz)		
Dr.-Ing. Christian Schneider, Holderbank (Schweiz)		

